CONGRESO
100
AÑOS

Somos historia que construye **futuro**

Memoria del VIII Congreso de Ingenieros del ICAI

18, 19 y 20 de noviembre de 2021

ÍNDICE

01. **Apertura de Jaime de Rábago Marín, presidente de la Asociación en el acto inaugural** **06**

02. **Carta de la responsable de la Comisión de Contenidos, Begoña Rojo Carralero** **12**

03. **Intervención de Antonio José España, SJ., Padre provincial de la Compañía de Jesús en España en el acto inaugural** **14**

04. **Intervención de Ángeles Santamaría Martín, consejera delegada de Iberdrola en el acto inaugural** **16**

05. **Intervención de Enrique Sanz Giménez-Rico, SJ., Rector Magnífico de la Escuela en el acto inaugural** **19**

06. **Mesas** **22**

Mesa 1 - 'Universidad y empresa'

Ponencias

- La Cátedra de Industria Conectada de ICAI, un ejemplo de colaboración entre universidad y empresa **25**
- Qué podemos hacer los ingenieros para fomentar la vocación de ingeniería entre los jóvenes **33**
- Las asociaciones de ingenieros en el fomento de las vocaciones hacia la ingeniería **44**
- Las prácticas en empresa en ICAI análisis y tendencias **61**
- El nuevo perfil profesional y la necesaria colaboración universidad-empresa **72**
- La universidad como primer empleador **83**

Comunicación

- Retrospectiva de los estudiantes de STEM en las Universidades españolas hasta 2020 ..... **92**

Mesa 2 - 'La industria en su laberinto'

Ponencias

- La industria en su laberinto. Atrapados en el modelo productivo **99**
- El hombre en el centro del laberinto **109**
- El plan de recuperación, transformación y resiliencia de España una oportunidad para la industria **119**
- Encuentro entre transformación digital y siderurgia **131**
- Industria 4.0. la carrera inteligente **139**
- La inteligencia aplicada al automóvil procesos y productos **148**

Comunicación

- La Formación Profesional (FP) ante el reto de la Industria 4.0 ..... **157**

Mesa 3 - 'Transición ecológica: energía y sostenibilidad'

Ponencias

- El papel y los retos de la regulación **170**
- Hacia un sistema energético sostenible: en el siglo XXI ya no es necesario el fuego para calentarnos **179**
- Energía sostenible la visión desde Endesa **186**
- Retos de una transición energética sostenible **194**
- El hidrógeno renovable clave para la descarbonización y la transición energética **200**
- Desafíos de la transición energética **211**

Comunicaciones

- La década de la batería de Litio **219**
- Bomba de calor y digitalización como herramientas para la transición ecológica **223**
- Medidas para reducción de la huella de carbono en la industria automovilística **228**
- El papel del hidrógeno dorado en la descarbonización del sector residencial **233**
- El papel de la energía nuclear en la transición energética hacia la descarbonización **238**
- Contexto Europeo para la transición energética. Vías para la descarbonización **242**

Mesa 4 - 'El emprendimiento y el empleo que vienen'

Ponencias

- El capital semilla como factor determinante en la generación de empresas de alto crecimiento e impacto global **249**

- Teletrabajo y su efecto en la productividad, calidad de vida y salud de los trabajadores 258
- Empresas de I+D la innovación como pilar de la estrategia empresarial 268
- El rol de la ingeniería en el vector tecnología-economía-impacto 277
- Guerra por el talento: cómo hacer de España un foco de atracción de talento internacional 287

Mesa 5 - 'La ingeniería ante los grandes retos sociales'

Ponencias

- Ingeniería con propósito, pero... ¿Qué propósito? 298
- Si quieres transformar el mundo, hazte ingeniero 321
- Transición sostenible y digital en el sector agroalimentario 338
- Agua, ingeniería y desarrollo 348
- Proyección de los valores de los ingenieros del ICAI 362

Comunicaciones

- Valorización energética de residuos con fangos de depuradora 372
- Modelización y análisis del consumo eléctrico de los hogares vulnerables en España 378

Mesa 6 - 'Los próximos 100 años'

Ponencias

- Subjetividad y conciencia 386
- Escenarios para un nuevo siglo. Nueva tecnología. Nueva industria. Nueva ingeniería 395
- Grandes desafíos y oportunidades del sector automoción 410
- Innovación, progreso tecnológico y conocimiento ante los retos del siglo XXI 415
- Las tendencias clave para la continuidad del éxito del ingeniero de ICAI durante los próximos cien años globalización, digitalización y ESG 434

07. Conclusiones generales de las Mesas por Begoña Rojo Carralero 438

08. Intervención de José Bogas Gálvez, consejero delegado de Endesa en el acto de clausura 444

09. Intervención de Jaime de Rábago Marín, presidente de la Asociación en el acto de clausura 449

10. Intervención de Enrique Sanz Giménez-Rico, SJ., Rector Magnífico de la Escuela en el acto de clausura 451

Jaime de Rábago Marín. *Presidente. Asociación Nacional de Ingenieros del ICAI.*

01. Apertura del presidente de la Asociación.

Padre Provincial de la Compañía de Jesús en España, Antonio José España, SJ, Rector Magnífico de la Universidad Pontificia Comillas, Padre Enrique Sanz Giménez-Rico, SJ, consejera delegada de Iberdrola España, querida compañera, Dª Ángeles Santamaría, representantes de las empresas patrocinadoras y espónsores de este nuestro VIII Congreso, el que hemos dado en llamar el Congreso del Centenario, queridos compañeros, señoras y señores.

Mis primeras palabras tienen que ser de agradecimiento a SM el Rey Felipe VI por habernos honrado al aceptar la Presidencia del Comité de Honor de este Congreso, así como a las autoridades y responsables de instituciones y grandes empresas que han tenido a bien aceptar nuestra invitación a formar parte de este Comité de Honor.

Agradecimiento que hago extensivo a todas las instituciones y empresas que, de una u otra forma, han colaborado con la organización de este Congreso, apoyando y esponsorizado, pero también, a todos aquellos compañeros que vais a participar en las distintas mesas redondas, por todo el trabajo previo de redacción y de preparación de vuestras ponencias y comunicaciones, y a los coordinadores de estas.

Y, por supuesto, a todo el equipo operativo que estáis y vais a estar al pie del cañón para que la organización sea, como esperamos, un éxito. Y en condiciones no especialmente fácil, porque la terrible pandemia del coronavirus, que sigue afectando a nuestro quehacer diario, ha afectado desde el año pasado a muchos de nuestros compañeros y miembros de sus familias, de nuestras familias, y sigue condicionado mucho nuestra vida diaria y, en concreto, la organización de este evento, tanto por limitación de aforo como por mantenimiento de la distancia social.

Hoy nos reunimos aquí, en nuestro VIII Congreso, por una muy buena razón: este año 2021, la Asociación de Ingenieros del ICAI cumple 100 años, ya que fue **fundada en 1921** por los primeros ingenieros salidos del Instituto Católico de Artes e Industrias (ICAI), ahora convertido en la ETS de Ingeniería del ICAI.

Me atrevo a decir que han sido 100 años de esfuerzo, de trabajo duro, constante, resiliente. En los que no hemos tirado la toalla nunca, ni cuando las cosas se nos han puesto feas.

100 años en los que, desde la discreción, hemos conseguido grandes logros para la industria, para la sociedad y para las personas.

100 años de innovación, de emprendimiento, de desarrollo sostenible y de desarrollo tecnológico.

100 años de talento puesto al servicio de la sociedad desde el compromiso, desde el espíritu de servicio, con el deseo de querer construir un mundo mejor.

El objetivo que la vio nacer es el mismo que sigue teniendo la Asociación hoy en día: mantener cohesionado a nuestro colectivo y acompañar a nuestros asociados a lo largo de toda su vida profesional.

Sin ánimo de ser exhaustivo, me detengo en señalar alguno de los hitos que hemos cumplido en estos 100 años:

1.908
Creación del Instituto Católico de Artes e Industrias (ICAI)

1.921
Nace la Asociación de Ingenieros del ICAI.

1.931/1.939
Durante este triste períodode la historia de España, caracterizado por la intolerancia, primero, y después por la violencia, el ICAI se ve obligado a trasladarse a Lieja (Bélgica) y luego vuelve de nuevo a Madrid.

1.950
Tendríamos que esperar más de 40 años al reconocimiento oficial del título de Ingeniero Electromecánico del ICAI.

1.963
Creación del **Colegio Nacional de Ingenieros del ICAI.**

1.965
La Asociación de Ingenieros del ICAI pasa a formar parte del **Instituto de la Ingeniería de España** – IIE y se celebra el **I Congreso** Nacional de Ingenieros del ICAI.

1.970
II Congreso Nacional de Ingenieros del ICAI.

1.976
III Congreso Nacional de Ingenieros del ICAI.

Por primera vez, una mujer obtiene el título de Ingeniero del ICAI, nuestra querida Carmen Leante.

1.978
Integración del ICAI en la **Universidad Pontificia Comillas** como Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales del ICAI.

1.982
IV Congreso Nacional de Ingenieros del ICAI.

1.987
V Congreso Nacional de Ingenieros del ICAI.

1.995
Se instituye el **Premio Javier Benjumea**, de periodicidad anual, para premiar la labor profesional y de dedicación al ICAI.

1.998
Primera Promoción de Ingenieros Superiores Informáticos del ICAI.

1.999
Primera Promoción de Ingenieros de Organización Industrial del ICAI.

VI Congreso Nacional de Ingenieros del ICAI.

2.004
D. Luis María Giménez-Cassina, de la promoción de 1970, accede a la Presidencia del Instituto de la Ingeniería de España.

El Colegio de Ingenieros del ICAI promueve la puesta en marcha de una **academia para la preparación de las oposiciones a Ingeniero Industrial del Estado**.

2.005
Se funda la Asociación **Unión Profesional de Colegios de Ingenieros** (UPCI) de la que somos miembros fundadores.

2.007
Se constituye la **Fundación Ingenieros del ICAI para el Desarrollo**, desde la que se canaliza la acción social del colectivo, tanto en España como en países en vías de desarrollo.

2.008
Primer centenario de la Escuela de Ingenieros del ICAI, Se crea el **Servicio de Jubilados, nuestro querido SEJU.**

2.009
La Asociación de Ingenieros del ICAI es galardonada con la **Medalla de Oro de la Universidad Pontificia Comillas**.

2.011
Se crean, con carácter anual, los Premios Asociación, que integran el **Premio Emprendedor** del año y la entrega de las Distinciones.

2.012
Se constituye la **Asociación de Ingenieros Profesionales de España** (AIPE) de la que somos socios fundadores.

2.015
VII Congreso Nacional de Ingenieros del ICAI.

2.021
Primer Centenario de la Asociación Nacional de Ingenieros del ICAI. Y celebración del **VIII Congreso** Nacional de Ingenieros del ICAI.

100 años de talento puesto al servicio de la sociedad desde el compromiso

Como veis, ha sido una larga y fructífera historia, que se puede resumir en tres grandes ámbitos y aportaciones:

Profesional /Académico / Social

1. EN EL ÁMBITO PROFESIONAL

Durante todo este tiempo, y todos estos hitos, los ICAI hemos tenido un gran impacto en la industria y en la economía de nuestro país. Ya he dicho en varios foros que **esta España nuestra no sería la misma sin el trabajo diario de todo el colectivo ICAI, en esa labor callada, silenciosa y profesional** de "levantar la persiana" todos los días, haciendo país y contribuyendo a la creación de empleo, riqueza y prosperidad.

También, sin ánimo de ser exhaustivo, podemos distinguir tres períodos: desde la fundación de la asociación hasta los años 40, desde los años 40 hasta los años 80 con la incorporación de España a Europa, y desde los años 80 hasta la actualidad.

LOS EMPRENDEDORES DE LOS AÑOS 20-40

Los ingenieros del ICAI empezaron su labor en la industria jugando un papel relevante en el emprendimiento empresarial y en la creación del sistema eléctrico nacional. En estos inicios crearon la **Sociedad Española de Montajes Industriales**, se electrificaron importantes **saltos hidráulicos**, numerosas **líneas de ferrocarril, grandes hidroeléctricas y compañías eléctricas** y ocuparon puestos de importancia en innumerables **compañías energéticas.**

En este primer período **la Asociación sirvió como foro de intercambio** de ideas entre estos primeros creadores de industria y de generador de una red de relaciones para los ingenieros del ICAI en sus principios cuando aún su prestigio era emergente.

LOS AÑOS DEL INSTITUTO NACIONAL DE INDUSTRIA INI (40-80)

En este periodo, los ingenieros del ICAI jugaron un papel clave en la reconstrucción y posterior desarrollo de la industria como creadores y gestores de importantes **empresas privadas y estatales del Instituto Nacional de Industria**, que constituyeron la espina dorsal de la actividad económica española hasta los años 80, sobre todo y muy especialmente en el sector eléctrico:

- Así, Ingenieros del ICAI promovieron **Fuerzas eléctricas del Noroeste SA** y la consolidaron con **Hidroeléctricas del Sil** convirtiéndola en la empresa eléctrica más grande del Norte. En paralelo, también ingenieros del ICAI **dirigieron la Unión Eléctrica Madrileña** en la que instalaron el transformador más grande de España y **desarrollaron Zorita**, primera central nuclear de España y la fusionaron con Fuerzas Eléctricas del Noroeste **para configurar Unión Fenosa, actual Naturgy**.
- En el INI, **la Empresa Nacional de Electricidad tuvo a un ICAI como primer gerente**. En este periodo destaca la **creación de Endesa** que, bajo la dirección de ingenieros del ICAI realizó las grandes adquisiciones que conformaron su gran crecimiento y pusieron las bases de lo que es hoy
- **Iberduero, germen de Iberdrola, junto a Hidroeléctrica Española**, también contó en sus equipos humanos con numerosos ingenieros del ICAI, a los que se fueron sumando más y más miembros de nuestro colectivo, hasta configurar un líder internacional.

  Además de su preponderante influencia en el sector energético, los ingenieros del ICAI fueron vitales y lideraron el desarrollo de otros muchos sectores industriales en España.
- En la **industria Naval**, con la fundación de Transportes Marítimos SA.
- En el **ferrocarril**, con Patentes Talgo SA y RENFE.
- En la **automoción**, con empresas como MADE, ALBRON y Santana Motors.
- Por último, es importante destacar en esta época la **fundación de Abengoa** por dos ingenieros del ICAI, que se convirtió en punta de lanza tecnológica española.

LOS LÍDERES EMPRESARIALES DESDE LOS AÑOS 80 A LA ACTUALIDAD

Los ingenieros del ICAI contribuyeron significativamente a la **gran transformación económica española desde los años 80** y a la exitosa internacionalización de nuestras empresas. Aunque el número actual de ingenieros del ICAI parezca relativamente reducido con algo más de 6,000 ingenieros, nuestra labor ha sido y es muy significativa en la realidad económica, social y empresarial de nuestro país.

> *Los ingenieros del ICAI contribuyeron significativamente a la* ***gran transformación económica española desde los años 80***

Sería muy prolijo detallar todos, pero me atrevo a destacar unos cuantos ejemplos empresariales y sectoriales donde tenemos representantes en calidad de presidentes, consejeros delegados y directores generales, algunos de los cuales nos acompañan hoy aquí:

- En el **sector energético, Iberdrola, Endesa, Naturgy, Enagás, Engie y REE**.
- En la **industria siderúrgica Acerinox**.
- En la **industria auxiliar de las energías renovables, Gamesa, Abengoa y Enerpal**.
- En el **sector de automoción Robert Bosch, Hyundai, Toyota y Bridgestone**.
- En la **industria de defensa: Thales, Navantia y Santa Bárbara**.
- En el **sector financiero, UBS, Santander, BBVA, Deutsche Bank, Bankinter**, entre otros.
- En **telecomunicaciones, Telefónica y Airtel** (germen de la actual Vodafone).

- En el **sector de tecnología IBM, Siemens Nixdorf, NCR, Xerox.**
- En gigantes industriales, **ABB, Siemens, Osram, R.J. Reynolds, Ingersol, Bang & Olufsen, etc**.
- En **transportes e infraestructuras, Iberia, Alstom, Renfe, Metrovacesa**,
- **Alimentación**, en **Campofrío, Osborne, Coca Cola y Unilever**.
- En las innovadoras **consultoras** de alta dirección como en **Kearney**, en **executive search** como en **Russel Reynolds** y en **ingenierías**, como **Altran, AMS, Eaton Aeroquip**, entre otras.
- Y, por supuesto, sin olvidar los centenares de **pequeñas y medianas empresas** que a lo largo de los años se han ido creando por muchos de nuestros compañeros, y que son parte importante del tejido industrial y comercial de nuestra economía.
- Además, también hay que destacar a los ingenieros del ICAI que aportan su talento y experiencia a la Administración del Estado y a instituciones y organizaciones empresariales, como en el Cuerpo de Ingenieros Industriales del Estado, en el **Cuerpo Técnico de Seguridad Nuclear, en la Comisión Nacional de la Energía, Sociedad Nuclear Española, Instituto de Ingeniería de España, Real Academia de Ingeniería y en el Consejo de Cámaras de Comercio de España.**

2. EN EL ÁMBITO ACADÉMICO

Y todo ello, sin extenderme más en este repaso histórico, con una perspectiva académica muy arraigada: desde uno de los fundadores de nuestra Escuela, el **Padre Pérez del Pulgar**, que fue uno de los primeros promotores de la creación del sistema eléctrico español y un destacado científico de su época con trabajos de gran relevancia en el campo de la electricidad y la física matemática. Su carácter innovador y ético impregnó fuertemente la identidad del ICAI y de sus futuros ingenieros.

También participaron ingenieros del ICAI en la creación del **CSIC y del Centro Leonardo Torres Quevedo**.

En esta labor científica e innovadora destaca la involucración de la **Asociación del ICAI en todas las etapas como foro de innovación y conocimiento** en el que los ingenieros planteaban sus ideas a sus compañeros para perfeccionarlas y contrastarlas. Un instrumento muy útil fue la revista que se publica desde 1922 con la denominación de *"Anales de Mecánica y Electricidad"*.

En la tarea innovadora de los ingenieros del ICAI **es de crucial importancia la labor de nuestra Escuela** que, además de su labor formativa y educacional de primerísima línea, lleva a cabo una importante labor científica de sus profesores.

Merece destacarse la creación **del Instituto de Investigación Tecnológica (IIT)** como una gran contribución de los ingenieros del ICAI a instituciones y organismos públicos de innovación a partir de los años 80. Y el lanzamiento de la **Cátedra de Industria Conectada,** más recientemente, que se crea con la colaboración de grandes empresas tecnológicas e industriales.

Otro de los grandes focos actuales de innovación para los ingenieros del ICAI es el **emprendimiento**. A través de los **Premios Emprendedor**, la Asociación recompensa a los ingenieros del ICAI que han destacado de manera "concreta, formal y pública" en la cultura emprendedora entre los ingenieros del ICAI.

3. EN EL ÁMBITO SOCIAL

Todo ello, como decía al principio, lo hemos hecho desde un **arraigado sentido social en todas nuestras actividades**, desde la iniciativa del Padre Pérez del Pulgar, el ICAI fue pionero en la impartición de **cursos nocturnos de formación gratuita para obreros** para mejorar su capacitación y empleabilidad, creando una bolsa de trabajo y ofreciendo personal de montadores y obreros a las empresas.

Siguiendo la estela del ICAI muchas firmas industriales y universidades empezaron a crear sus propias escuelas de formación obrera en este periodo, convirtiéndose el ejemplo de labor social de los ICAI.

Y más recientemente, destaca la creación por parte de la Asociación de la **Fundación Ingenieros ICAI para el Desarrollo**, que "moviliza a los ingenieros y a las empresas para que pongan su conocimiento al servicio de un mundo más justo".

En definitiva, como podéis ver, se ha hecho una gran labor desde este colectivo. Todo ello, bajo un hashtag que hemos dado en llamar ***#IngenieríaConPropósito.***

Se nos reconoce como una asociación profesional de prestigio que mantiene una posición de liderazgo en las instituciones profesionales. Y esto es lo más difícil, que nuestros propios colegas, los de las distintas ramas de la ingeniería, nos reconozcan y nos aprecien.

No es quizá el momento de detallar el plan estratégico de la Asociación, del que hemos hablado y detallado en el último año, ni del futuro, al que nos dedicaremos cuando glosemos las conclusiones de este nuestro VIII Congreso el próximo sábado por la mañana.

Ahora me quedo con lo más importante:

- Nuestra prioridad es trabajar **desde la excelencia y desde los más altos estándares éticos poniendo nuestro talento al servicio de la sociedad**. No somos dados al autobombo ni a las alharacas, más bien al trabajo abnegado, silencioso y eficiente.

> *Nuestra prioridad es trabajar* ***desde la excelencia y desde los más altos estándares éticos poniendo nuestro talento al servicio de la sociedad.***

- Los valores que nos identifican como colectivo son: **el esfuerzo, la integridad y el espíritu de servicio**. Se trata de valores que nos acompañan y acompañarán siempre, hagamos lo que hagamos, estemos donde estemos, desde nuestros centros de trabajo, desde nuestras fábricas, desde nuestras oficinas, desde nuestros despachos, desde nuestras instituciones, pero también desde nuestras casas y en el ámbito de nuestras familias.
- Son valores que no están de moda, que no son si siquiera aspiracionales en nuestra sociedad actual y que a veces nos hacen ir contracorriente… Y muy especialmente cuando los abanderamos desde la FE, con mayúsculas (siempre digo que no debemos olvidar nunca lo que somos, **Instituto Católico de Artes e Industrias**).

Estoy convencido de que estos días que nos congregan a todos serán unos días de reflexión profunda y de debate de alcance, y que nos ayudarán a poner algo de luz a tantos temas de actualidad que, seguro, saldrán a lo largo del desarrollo de las distintas mesas redondas que hemos preparado.

En definitiva, y ahora sí termino, como cualquier buena historia con final feliz, los comienzos del ICAI y de nuestra Asociación no fueron fáciles, no éramos entonces lo que hoy somos, pero aquí estamos, 100 años después, trabajando sin descanso y siendo reconocidos por la sociedad y por las empresas. Y, es bueno que presumamos de ello y lo hagamos público, si me permitís la licencia, al menos una vez cada 100 años.

"Somos historia que construye futuro". Este es el lema de nuestro Congreso del Centenario. Ninguno de los que estamos aquí lo veremos, pero estoy convencido que los que celebren el bicentenario, lo celebrarán con indisimulado orgullo, como ahora lo hacemos nosotros.

Porque, parafraseando la genial intervención de nuestro admirado Luis Alberto Petit en nuestro anterior Congreso (casi 95 años te contemplan, querido Luis Alberto, gracias por estar siempre ahí), todos los miembros de nuestro colectivo, los que estamos hoy presentes aquí y los que nos estáis siguiendo por streaming, *hemos pensado alguna vez que, de no haber sido Ingenieros del ICAI, lo que más nos hubiera gustado ser es… ¡Ingenieros del ICAI!*

Muchas gracias a todos, sed muy bienvenidos a este Congreso, y… deseemos todos juntos ¡muy larga vida al ICAI!

Jaime de Rábago

Begoña Rojo Carralero. *Promoción 2001.*

02. Carta de la responsable de la Comisión de Contenidos.

Asumir la coordinación de los Contenidos de este VIII Congreso Nacional de Ingenieros del ICAI, ha sido un auténtico privilegio que agradezco enormemente.

Durante estos meses he tenido la oportunidad de conocer de cerca a grandes profesionales, a excelentes compañeros y compañeras que han salido de nuestra Escuela. De todos he aprendido en este Congreso.

La Comisión Organizadora ha tenido por delante una labor que exigía un gran compromiso y desde el primer momento, codo con codo, con Cristóbal Cantos y Luis Ballester hemos formado un gran equipo, que liderado de manera ejemplar por Marta y Jaime ha conseguido, junto a todos vosotros, que este Congreso haya sido un éxito.

La primera muestra de optimismo de cómo iba a desarrollarse nuestra labor, la disteis todos vosotros, cuando en diciembre de 2020 se publicó en la *Newsletter* de la Asociación la solicitud de ponencias para el Congreso. La respuesta fue inmediata. En las primeras semanas recibimos multitud de solicitudes de información, de ideas y de propuestas entre las cuales se seleccionaron, bien en modo de ponencia o bien en modo de comunicación, las incluidas en esta publicación.

Parte de este éxito ha sido también gracias a la labor desarrollada por los moderadores, Andrés Ramos, Bernardo Villazán, Paloma Sevilla, Ignacio Vidri, Julio Eisman y Nicolás Sanz, quienes aceptaron llevar a cabo esta tarea desde el primer momento que se lo propusimos. No sólo aceptaron este compromiso, sino que también formaron parte del equipo a la hora de identificar ponentes e ideas para conseguir que cada una de las seis mesas fuesen lo más completas posibles.

Ha sido un año de incertidumbre, en el que se mantenía la incógnita sobre cómo se iba a organizar y desarrollar este congreso estando aún inmersos en la pandemia COVID. Por ello hemos trabajado intensamente estos meses, en especial las últimas semanas, coordinando las intervenciones para que,

fueran cuales fueran las circunstancias y aprovechando las nuevas tecnologías, tratar de sorprender y dar contenido de alto valor añadido a las Mesas de este VIII Congreso Nacional.

Esta publicación incluye 34 ponencias y 10 comunicaciones presentadas durante los tres días del Congreso y que conforman los seis ejes en los que se vertebró el mismo: Universidad y Empresa, Industria, Innovación y Emprendimiento, Transición Ecológica, Ingeniería con Propósito y nuestros futuros 100 años.

Gracias al formato mixto en que se desarrolló el Congreso, presencial y on line, nos es posible ahora volver a revivir los debates de las Mesas Redondas. Pero más allá de esto, esperamos que la lectura completa de todos los trabajos sirva para reflexionar sobre la actualidad, reforzar los valores que nos unen y poder seguir aprendiendo del liderazgo que transmiten nuestros compañeros.

> *... esperamos que [...] sirva para reflexionar sobre la actualidad, reforzar los valores que nos unen y poder seguir aprendiendo...*

Quiero acabar con una reflexión a raíz de lo que hemos visto estos días: ICAI cuenta con un gran pasado, con una gran historia, pero sobre todo con mucho futuro. Un futuro marcado por los desarrollos tecnológicos para el que debemos continuar preparándonos técnica y humanamente, en que nuestros valores, heredados de San Ignacio de Loyola, continuarán distinguiéndonos del resto de ingenieros e ingenieras.

En ese futuro, el espíritu ignaciano «tanto en lo grande como en lo pequeño» debe ser un baluarte para todos nosotros, siempre con el ánimo de servir a España e impulsar nuestra sociedad a través de un proyecto humanista conformado por la tecnología y los valores que nos son propios.

En la construcción de este futuro estamos implicados los estudiantes, nuestra querida Escuela, la Asociación y por tanto todos nosotros.

Espero que tanto los días del Congreso, como la lectura reposada de esta publicación haya alcanzado vuestras expectativas y nos ayude a prepararnos no sólo para el siguiente congreso, sino para los próximos cien años de nuestra historia.

> *ICAI cuenta con un gran pasado, con una gran historia, pero sobre todo con mucho futuro.*

03.

Intervención del Padre Provincial de la Compañía de Jesús en España en el acto inaugural.

Antonio José España, *SJ. Padre Provincial de la Compañía de Jesús en España.*

Discurso de apertura VIII Congreso, centenario de la Asociación

Queridos D. Jaime de Rábago (presidente de la Asociación Nacional de Ingenieros del ICAI), Dª Ángeles Santamaría (consejera delegada de Iberdrola España) y el P. Enrique Sanz (Rector de la U. Comillas), señores y señoras:

Es un gran honor poder estar presente en este VIII Congreso Nacional de Ingenieros del ICAI. La huella de esta institución universitaria es profunda y nos anima a dar gracias por las personas que llevaron la iniciativa. Como ya sabéis, se remonta a 1908-1909. Hay benefactores (Dª Nicolasa Gallo-Alcántara), ingenieros (D. Mariano Bastida) y a los padres jesuitas Ayala (la intuición), Pérez del Pulgar (el científico) y García-Polavieja (el organizador) junto con otras muchas personas que sacaron adelante el proyecto, siempre difícil y retador.

Nos reunimos en este Congreso para continuar una labor gestada hace más de 100 años y conmemorando el Centenario de la Asociación. Como sociedad y como mundo, traemos a las espaldas meses nada fáciles de movernos en circunstancias imprevisibles; meses de creatividad y de ensayo de nuevos lenguajes. Todo nos invita a reflexionar una vez más sobre nuestras motivaciones últimas en el servicio a la sociedad actual y al mundo actual como antiguos del ICAI y de un centro de la Compañía. Son retos que os invito a visitar conmigo.

1. El reto de lo provisional. Hemos vivido tiempos de imaginación sin descanso ante circunstancias nuevas que tienen sus consecuencias todavía hoy. Yendo más atrás, después de los primeros siglos de persecuciones a los cristianos, el Espíritu les lanzaba a creatividades insospechadas. Tras las primeras sacudidas de esta plaga imprevisible, el Espíritu ha estado presente en nuestra universidad y en muchos antiguos dando impulso y habilidad para abrir vías antes no transitadas, para tantear con éxito soluciones novedosas. Y esto es motivo de agradecimiento. Pero, en medio de esta capacidad de adaptación, tenemos que preguntarnos siempre por el calibre de nuestra fidelidad a lo inamovible, a nuestras convicciones fundantes y nuestros valores. Tenemos que preguntarnos si, a través de los mil lenguajes del humanismo, de la ciencia y de la ingeniería, a través de nuevos métodos y vías de comunicación, la inmensa variedad de los que nos oyen entra en contacto con "las maravillas de Dios". Si nos es posible vivir en estado de provisionalidad porque tenemos afianzados los pies en la sólida roca de una honda fe que nos sustenta.

2. El reto de trasparentar convicciones profundas en lenguas nuevas. Vivimos en este mundo borroso que nos asusta por las malas noticias que nos envuelven. Más que confuso, nuestro mundo ha vivido y vive el peligro del caos, herido por una desgracia común y sus consecuencias en la economía, la política, la sociedad y las injusticias derivadas de ello. Este mundo necesita una voz clara que le oriente. Vosotros, antiguos del ICAI, estáis invitados a proponer propuestas válidas para afrontar preocupaciones comunes.

Estamos celebrando 500 años de la conversión de Ignacio de Loyola. Él obtuvo la gracia de aunar voluntades, escuchar opiniones y transitar con soltura por los caminos de la diversidad. "Unos éramos franceses, otros españoles, otros saboyardos, otros cántabros" nos dice, hablando de los días iniciales de la Compañía de Jesús, y "estábamos divididos en varias sentencias y opiniones… si bien teníamos una misma mente y voluntad común".

Esta Asociación centenaria, que quiere alimentarse del Evangelio, consciente de que su voz tiene alcance limitado, se siente en el deber de comunicar un mensaje sólido e inteligible, hecho desde la objetividad, la honestidad y la esperanza a esa sociedad plural. Un mensaje de largo alcance dicho en un lenguaje profundamente humano que todos entienden.

Esta Asociación […] se siente en el deber de comunicar un mensaje sólido e inteligible, hecho desde la objetividad, la honestidad y la esperanza…

3. El reto de una responsabilidad común. Podemos sentir cierta orfandad como católicos. Ya no somos como antes. Estamos en plena transformación ante este tiempo secular y de división. Tras la resurrección mujeres y varones creyentes se ponen en movimiento. También nosotros somos llamados a ponernos en camino. El General de la Compañía, P. Arturo Sosa, ha hablado con claridad en las Preferencias Apostólicas Universales: Se trata de ayudar a las personas a encontrar a Dios, de caminar con los excluidos y vulnerables, de acompañar a los jóvenes en el camino de la esperanza y de cuidar de nuestra Casa Común, la creación de Dios. Son responsabilidades de todos, que queremos llevar adelante entre todos.

Hace años Raymundo Pannikar, confesaba que no creía posible un diálogo en condiciones de igualdad sin hacer antes, en nuestro interior, un cierto vacío para la escucha. "Vacío posible solamente - decía - con la convicción de que el otro 'oculta siempre una revelación'" . Porque el otro, sea quien sea, oculta siempre, en su interior, una sorprendente, una utilísima revelación.

Empecemos este Congreso con la conciencia de ser enviados a una misión que llega de muy alto. La misión de cimentar nuestra provisionalidad, de encontrar la palabra que da a la verdad un el lenguaje universal. Y la difícil y gustosa misión de avanzar juntos en una empresa común que nos ha sido entregada y que bien vale la pena. Esperemos que los frutos de este Congreso sea renovarnos en todo ello.

Ángeles Santamaria Martín. *Consejera delegada de Iberdrola.*

04. Intervención Ángeles Santamaria Martín, consejera delegada de Iberdrola, en el acto inaugural.

Muy buenas tardes a todos.

Comienzo mis palabras transmitiendo mi más sincera **felicitación** a la **Asociación Nacional de Ingenieros del ICAI** por estos **100 años de historia**.

Puedo decir que tengo **orgullo de pertenencia** a esta universidad, no solo solo por su **rigor académico** y la **calidad de la formación** que aquí recibí, sino también por ser un centro que vincula estrechamente la **competencia técnica** con la **formación en valores.**

Esta universidad **crece, evoluciona** y se **adapta** a las **nuevas disciplinas del conocimiento** y a las **nuevas tecnologías** para formar **profesionales** cada vez más **cualificados** capaces de dar respuesta a las necesidades de una sociedad en constante cambio.

Como **ingeniero de vocación** que soy, estoy profundamente convencida de la **capacidad de la ingeniería** para **transformar** y **mejorar la realidad** e incidir en el **bienestar** de las personas.

Y en especial, todos los ingenieros de ICAI desempeñamos, y vamos a seguir desempeñando, un **papel muy activo** como **agentes del cambio.**

> *Esta universidad* ***crece, evoluciona y se adapta*** *[...] para formar* ***profesionales*** *cada vez* ***más cualificados***

Y con toda humildad, me voy a permitir hacer una breve intromisión en el mundo de la energía, que es

uno de los grandes retos que tenemos, además de otras transformaciones asociadas a la tecnología, como la transformación digital. El reto de la transición energética es algo a lo que nos enfrentamos y está universidad va a poder decir mucho, junto a sus profesionales.

Hablando de la transición energética me gustaría centrarme en las 3 ideas que considero principales:

1. Cambio climático, conciencia global

Acaba de terminar la COP de Glasgow y se constata que el Cambio climático es el mayor reto al que nos enfrentamos como sociedad, y los compromisos firmes en la lucha contra el calentamiento global es una demanda social.

Estas semanas pasadas se sucedieron las encuestas para testar este nivel de compromiso, y los resultados de la que ha publicado el BEI reflejan que un **81% de los ciudadanos considera que el cambio climático tiene un impacto directo** en su vida cotidiana, un 76%, considera que se debería recurrir "en mayor medida" a las energías renovables y hasta un **70% estaría a favor de un impuesto sobre aquellos productos y servicios que más contribuyen al calentamiento global**.

Los últimos descubrimientos científicos indican que **tenemos solo ocho años**, con las tasas de emisión actuales), antes de agotar el margen de 1,5 C.

En España, según INE en los últimos 8 años las emisiones por habitante se han mantenido bastante estables, en torno a 7 TonCO2 eq/hab, con un ligero descenso desde la pandemia, y con sectores, como el de la generación eléctrica, con una drástica reducción **(-30% vs 1990)** en contraposición a otros, como el transporte, que sigue aumentando sus emisiones: **+56% vs 1990**.

Para alcanzar los objetivos es necesario que al liderazgo europeo se sumen otros países -en eso se ha avanzado estas semanas pasadas en Glasgow con declaraciones insólitas como la de EE.UU. y China- pero también es fundamental el compromiso de todos los sectores.

Ello me permite hablar de la segunda clave:

2. Desarrollo tecnológico

En las últimas décadas hemos asistido a una revolución tecnológica en particular en las tecnologías renovables, que nos permiten afirmar que en la actualidad es más económico generar electricidad con sol o viento que con gas o carbón.

Según la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA), el precio del panel fotovoltaico ha caído un 80% desde 2009 y entre un 30%-40% el de las turbinas eólicas, y se esperan descensos de costes de hasta un 30% más a 2030. Y por ser sostenibles y competitivas, es por lo que son actualmente las tecnologías más instaladas a nivel mundial.

> *"una combinación de energía solar y eólica sería suficiente para garantizar la mayor parte de la demanda de energía global (85-90%)..."*

Pero es que además de económicas, las **renovables eléctricas** son tecnologías confiables, de acuerdo con un nuevo estudio publicado en la revista Nature, y basado en los datos de la demanda energética por hora de 42 países industrializados en los últimos 39 años, "una combinación de energía solar y eólica sería suficiente para garantizar la mayor parte de la demanda de energía global (85-90%) sin necesidad de enormes sistemas de almacenamiento".

Respecto al resto de sectores, la buena noticia es que las tecnologías para la electrificación de usos finales en el transporte terrestre y la climatización de espacios ya están disponibles y son eficientes.

En el caso de la climatización, la **bomba de calor eléctrica** reduce el consumo de energía a solo un 30%, sin producir emisiones locales y mejorando la calidad de aire. Las emisiones totales asociadas a su uso son ya hoy (mix 2020) un 70% inferiores a las de las más modernas calderas de condensación.

Por lo que respecta al transporte por carretera recordar que el **motor eléctrico para automoción** no sólo es 4 veces más eficiente y sin emisiones directas, sino que tiene menos emisiones en su ciclo completo de vida, menos de 0,15 kgCO2/km eq, muy por debajo del resto de motorizaciones.

> *...el **motor eléctrico para automoción** no sólo es 4 veces más eficiente y sin emisiones directas, sino que tiene menos emisiones en su ciclo completo de vida...*

H2 renovable para la descarbonización del H2 industrial actual (fertilizantes).

Combinación de soluciones para **nichos difíciles de descarbonizar pilotos prometedores.**

Digitalización. Redes inteligentes que permiten integrar los recursos distribuidos una realidad, basada además en tecnología nacional.

El WEO 2021 que se presentó en octubre destaca este aspecto, al afirmar que **las tecnologías para alcanzar los objetivos de 2030 ya están disponibles en la actualidad**. Sin embargo, debemos seguir avanzando en la innovación y desarrollo de proyectos piloto de cara a conseguir el hito de 2050.

3. Oportunidad industrial (empleo y reducción de costes energía)

El **impacto positivo de las inversiones en transición energética** es multiplicador.

- Para 2030-2050: 85-100 MM personas ocupadas em todo el sector energético a escala mundial (25-40 millones en renovables). EU 2-2.8 M en renovables en 2030).
- PNIEC: +150k empleos directos.

> *Permítanme **terminar** transmitiéndoles mi **convencimiento** de que estamos ante una oportunidad única de crear riqueza para el País...*

Permítanme **terminar** transmitiéndoles mi **convencimiento** de que estamos ante una oportunidad única de crear riqueza para el País, **y es posible por la evolución tecnológica que he mencionado anteriormente y porque la industria española ya está posicionada para poder hacerlo**.

Y quería finalizar dejando un resumen de esta exposición en 3 ideas:

1. **Avanzar en la introducción de renovables, en línea con las previsiones del PNIEC y atraer inversión en almacenamiento.**
2. **Incrementar las inversiones en redes de distribución y**
3. **dar señales económicas que permitan electrificar ya el transporte y la edificación, es decir, abordar la electrificación de los usos de energía que hoy por hoy son factibles.**

Felicidades por estos 100 años a la Asociación y a todos los asociados, ingenieros de ICAI.

¡Por otros 100 años más!

Enrique Sanz Giménez-Rico, SJ. *Rector Magnífico. Universidad Pontificia Comillas.*

05. Intervención del Rector Magnífico de la Escuela en el acto inaugural.

P. Vice Gran Canciller de la Universidad Pontificia Comillas, Sr. presidente de la Asociación Nacional de Ingenieros de ICAI y Decano de su Colegio Nacional, Sra. consejera delegada de Iberdrola España, señoras y señores.

Es un honor para mí dirigirles unas palabras en este acto de inauguración del VIII Congreso de Ingenieros ICAI; a todos Vds., y especialmente a los miembros de la Asociación Nacional de Ingenieros de ICAI y de su Colegio Nacional, que celebran un importante centenario, el de la Asociación.

Durante los últimos días he acudido a la documentación más antigua del ICAI para recordar nuestros orígenes, y encontrar en ellos luz e inspiración. Así he encontrado en las revistas ICAI o Anales nombres como los de Miguel Santa María o Félix Yagüe Moreno, que, aunque quizás no nos son muy familiares, sí pueden ser relevantes para todos nosotros. El primero, es el único alumno de la primera promoción del ICAI, es decir, el primer Alumni de nuestra escuela. El segundo, el primer presidente de la Asociación Nacional de Ingenieros de ICAI de 1920 a 1921. En esas revistas y otros documentos o cartas de las primeras décadas del s.XX he encontrado también las siete referencias que cito a continuación, y que, espero, les resulten de interés:

1. El ICAI nace ofreciendo una formación profesional y técnica y una enseñanza humanístico-científica. Ese era el deseo de la benefactora inicial de nuestra escuela, la marquesa viuda de Vallejo.

2. Dos ideas y tres hombres están en la base de la fundación del ICAI. Las ideas: estar presente en el mundo de la enseñanza y la cultura, y colaborar en la promoción social de los trabajadores. Los tres nombres, los de los padres jesuitas Ayala, Pérez del Pulgar y García Polavieja.

3. El P. García Polavieja, rector de 1910 a 1918, escribe a su provincial jesuita, P. José Gálvez, para transmitirle con ilusión que muchas personas de fuera del ICAI visitaban y conocían nuestra escuela y la alababan enormemente.

4. En enero de 1919, y por iniciativa del P. Pérez del Pulgar, comenzó a organizarse entre los antiguos alumnos del ICAI el "Círculo de estudios del ICAI", cuya primera sección técnica es precisamente nuestra, vuestra Asociación de Ingenieros del ICAI. Su fin primero era mantener la comunicación entre los antiguos alumnos con los que entonces estudiaban en ICAI y con sus profesores, pensando especialmente en el beneficio que ello reportaba a los antiguos alumnos.

5. En 1921 se decía en la calle que el estudiante del ICAI era alegre, locuaz, optimista, despreocupado, que se divertía hasta el límite, y estudiaba lo menos posible. Falso, sin embargo, todo ello, pues el estudiante es el que lucha a brazo partido para adquirir fundamentos, trabaja duramente en el taller, se pelea con el inglés, estudia seguidamente por la noche. Eso sí, dicho estudiante es una persona digna de respeto y de admiración, de mucha admiración.

6. La importancia de la música en el ICAI fue especialmente relevante gracias al P. Nemesio Otaño y a los PP. Quiñones y Pérez del Pulgar quienes dotaron de música y letra al himno del ICAI, que habla de crear lazos, remar juntos sin cesar.

7. El ICAI albergó una casa de escritores que publicaba la revista Razón y Fe, nacida en 1901, pero ubicada en nuestra escuela desde el curso siguiente de la inauguración del ICAI.

Según lo que acabo de recordar, y en el marco temporal de sus orígenes, el ICAI tenía, entre otras, estas características: ofrecía una formación técnica y humanística, interdisciplinar diríamos hoy; se sostenía en tres columnas, la cultura, la enseñanza, y la promoción social, columnas que siguen soportando hoy nuestra institución; gozaba de reconocimiento y prestigio; era un lugar en el que se daba la comunicación y asociación entre los Alumni, no siendo entonces ambas una moda de estos últimos años; su estudiante era valorado y reconocido por su talento y esfuerzo; en la partitura de su himno está el trabajar y remar juntos y sin cesar; y, por último, en la todavía viva revista Razón y Fe, que vivió en esta casa en sus primeros años de existencia y volvió a ella hace pocos años, se hace presente la conexión de la ingeniería con otras ciencias como la economía, las ciencias sociales, la política.

Así pues, la celebración de vuestro, de nuestro, centenario, nos permite mirar al pasado con alegría y sin nostalgia. Quizás también con sorpresa, porque pasan los años, pasan las décadas y, sin embargo, el ADN del ICAI, de sus alumnos, de sus Alumni, de sus profesores y colaboradores es muy parecido al del de los primeros decenios del siglo XX. Las formulaciones de nuestros predecesores, que acabamos de recordar, son hoy distintas; conservan, sin embargo, toda su esencia: innovación, posgrado y formación para toda la vida, impacto social de nuestra actividad, desarrollo profesional de nuestros alumnos, nuestro PDI y nuestro PAS. Ello es ciertamente un motivo de alegría y satisfacción para todos nosotros; muy especialmente para los que hoy en día trabajamos en Comillas ICAI en un contexto distinto, tan difícil quizás como el de las primeras décadas del siglo pasado. Un contexto quizás mucho más competitivo e incierto que el de entonces, que tantos retos nos plantea y a los que, junto con todos Vds., queremos responder con solvencia y generosidad.

> *Nuestra alegría y nuestra satisfacción tienen una base y un soporte muy sólido: el afecto, la ayuda y la ingente colaboración...*

Nuestra alegría y nuestra satisfacción tienen una base y un soporte muy sólido: el afecto, la ayuda y

la ingente colaboración que la Asociación Nacional de Ingenieros de ICAI y su Colegio Nacional prestáis a diario a nuestra universidad, tal y como va a quedar plasmado y expresado en estos casi tres días del congreso, tanto en sus actividades más oficiales como en los cercanos y amistosos encuentros informales que vamos a mantener en este noble edificio del antiguo Paseo de Areneros. Gracias de corazón, queridos miembros de la Asociación y del Colegio, por todo lo que recibimos de vosotros; gracias particularmente a Jaime de Rábago y a Marta Reina, en quienes hemos encontrado en altas dosis el afecto, la ayuda y la colaboración necesarias para seguir haciendo del ICAI un centro universitario de referencia.

Decía San Ignacio de Loyola que agradecer no es solo recibir, sino ofrecer después de recibir; y que tanto el recibir como el ofrecer son acciones profundamente gratuitas. Permitidme, pues, que en nombre de Comillas y especialmente de Comillas ICAI os ofrezcamos a todos los miembros de la Asociación nuestro mejor regalo. Lo hago recordando de nuevo otro documento clásico y antiguo; esta vez, de la inspiradora literatura bíblica: el Cantar de los Cantares. Es este un libro del Antiguo Testamento formado por bellos poemas sobre el amor; tan bellos que en hebreo se llama "El mejor Cantar" o "El Cantar más bello".

El libro ofrece una visión del amor y de las relaciones de pareja con naturalidad, desinhibición, y sin estar pendiente de los tabúes sociales. De ahí que no se trata de un libro que hable del amor, sino de un libro que canta al amor a través de los diálogos y encuentros entre dos importantes protagonistas: la amada y el amado.

En uno de sus poemas finales la amada le dice al amado: «grábame como sello en tu corazón, como sello en tu brazo, porque fuerte como la muerte es el amor». En la antigüedad el sello expresaba el deseo de cercanía y de unidad. Como podemos leer en la tradición bíblica (Génesis; Jeremías; Ezequiel), quien recibía o poseía un sello lo llevaba bien en el dedo bien en el brazo bien colgado del cuello. En este último caso, para que cayera sobre el corazón, la sede de las operaciones y decisiones decisivas. El sello, en definitiva, unía y acercaba estrechamente.

Pues bien, queridos amigos todos, miembros de la Asociación Nacional de Ingenieros de ICAI y de su Colegio Nacional, queremos ofreceros hoy de nuevo nuestro sello, para que lo llevéis sobre vuestro corazón, una sede tan decisiva en vuestras vidas, con la que amáis y tomáis importantes decisiones. Un sello que tiene grabado en él esta palabra, tan propia de la tradición jesuita: la compasión.

Hoy se habla mucho del valor de la empatía. El diccionario de la RAE dice que empatía es "la capacidad de identificarse con alguien y compartir sus sentimientos". Tan importante ha llegado a ser ella en nuestra sociedad que también en Comillas se le pide con insistencia al Rector que sea empático. La empatía no nos causa problema cuando la entendemos en su dimensión positiva, la mencionada hasta ahora. Ahora bien, la empatía puede ser también propia de un verdugo, cuando este se identifica con su víctima y comparte sus sentimientos. De ahí que prefiramos ofreceros el sello de la compasión. Un término muy próximo y casi sinónimo de amor, de ese amor, que, recordando el conocido himno de la Primera Carta a los Corintios de San Pablo, todo lo excusa, todo lo cree, todo lo espera, todo lo aguanta.

Queridos amigos. Aceptad junto a nuestro obsequio agradecido del sello de la compasión otro más: el de la invitación a que sigáis formando parte de nuestra casa como Alumni de Comillas. Queremos que el ICAI y el resto de nuestras facultades y escuelas sean vuestro hogar, el hogar en el que permanezcáis siempre, formándoos y actualizándoos en competencias varias, haciendo relaciones y formando una gran red que cree impacto en la sociedad. Ojalá que veamos pronto muchas expresiones de esa vinculación que tanto nos importa y que nos hace inmensamente felices.

Termino agradeciéndoles su presencia en Comillas en estos próximos días, y celebrando las huellas que ella va a dejar en Vds. tanto en el ámbito personal como en el más propio de la ingeniería. Como dice el lema de nuestro congreso "somos historia que construye futuro".

Muchas gracias.

ICAI
School
of
Engineering

06. Mesas

Mesa 1

Andrés Ramos / Moderador

Andrés Ramos Galán recibió el título de Ingeniero Industrial de la Universidad Pontificia Comillas en 1982 y el de Doctor Ingeniero Industrial de la Universidad Politécnica de Madrid en 1990.

Desde 1982 a 1984 fue becario de Instituto Tecnológico para Postgraduados y en 1984 se incorporó a la Universidad Pontificia Comillas. Actualmente es Profesor Ordinario de la ETS de Ingeniería ICAI en el Departamento de Organización Industrial y en el Instituto de Investigación Tecnológica, donde es el director.

Desde 2015 a 2020 ha sido director del MBA in the Global Energy Industry. Desde 1999 hasta 2008 fue director del Departamento de Organización Industrial. Ha sido Profesor Visitante en Stanford University en California (EE.UU.) en el curso académico 1991-92 y en el Massachusetts Institute of Technology en el verano de 2009, eneros de 2010 a 2015, en marzo y mayo de 2016, eneros de 2017, 2018, 2019, 2020 y 2021. También fue Profesor Visitante en Aalborg University (Dinamarca) en febrero 2017, 2018, 2019 y 2021.

Es revisor de revistas y conferencias internacionales, evaluador de la Agencia Nacional de Evaluación y Prospectiva (ANEP) y miembro de varias organizaciones profesionales. Sus áreas de interés incluyen la explotación, planificación y economía de los sistemas de energía eléctrica, la aplicación de la investigación operativa y el desarrollo de software.

Mesa 1 / Ponencia 1

LA CÁTEDRA DE INDUSTRIA CONECTADA DE ICAI, UN EJEMPLO DE COLABORACIÓN ENTRE UNIVERSIDAD Y EMPRESA

Álvaro Jesús López López. *Investigador. Universidad Pontificia Comillas.*

Mariano Ventosa Rodríguez. *Vicerrector de investigación y profesorado, director de la Cátedra de Industria* Conectada. Universidad Pontificia Comillas.

1. Introducción

En el año 2017, la Escuela Técnica Superior de Ingeniería (Comillas ICAI) de la Universidad Pontificia Comillas, con la colaboración de un grupo de relevantes empresas industriales y tecnológicas, creó la Cátedra de Industria Conectada, constituyéndola en un ámbito privilegiado desde el cual tratar de dar coherencia a los estudios, desarrollos, acciones formativas y de divulgación que faciliten la transformación digital de la industria española.

El concepto de Industria Conectada presenta excelentes oportunidades de mejora. La Universidad Pontificia Comillas ha sido, al mismo tiempo, muy consciente de los problemas que dificultan la consecución de esta meta en España, aunque la situación no es igual en todos los sectores ni en todas las empresas. Entre las principales barreras se encuentran la natural resistencia al cambio que se acentúa por el choque generacional en cultura digital; las inversiones en I+D,

que son menores en comparación con otros países de nuestro entorno; la falta de competencias técnicas dentro de las empresas y también en los proveedores de la tecnología y los servicios; o el peso relevante de las pymes en la economía, ya que las dificultades anteriores se atenúan en las grandes empresas.

> *el concepto de Industria Conectada presenta excelentes oportunidades de mejora en muchas dimensiones...*

Dicho esto, el concepto de Industria Conectada presenta excelentes oportunidades de mejora en muchas dimensiones: plantas industriales más inteligentes y sostenibles, con cadenas de producción adaptables a las necesidades y a los procesos de producción, mejor comunicadas entre sí y con los proveedores y clientes, y en general nuevas oportunidades de negocio en todos los sectores. Estamos, podría decirse, ante un cambio de paradigma. Y, como suele ocurrir en estas situaciones, se abre una gran distancia entre el "qué se quiere conseguir" y el "cómo se puede hacer".

De ahí que desde la Cátedra de Industria Conectada se haya trabajado en crear espacios de reflexión y debate sobre áreas muy significativas de la Industria Conectada: Ciberseguridad, Inteligencia Artificial, Robótica, Trazabilidad y Cadena de Suministro, Talento 4.0, Internet de las Cosas, Analítica y Big Data, etc.

Teniendo estos puntos en cuenta, pueden definirse a alto nivel varios objetivos concretos de la Cátedra:

- Contribuir a que la industria española aproveche las oportunidades que ofrece la denominada "Cuarta Revolución Industrial", siempre reflexionando sobre las consecuencias para la sociedad no sólo en el escenario al que converja la economía, sino en todo el transitorio que nos lleve hacia allí. Enunciado de otro modo, desde la Cátedra se trabaja en que la economía aproveche el potencial de la transformación digital poniendo a la persona en el centro de todo el proceso de cambio.
- Crear un foro de confianza entre empresas industriales y tecnológicas para facilitar: 1) que los patronos tecnológicos comprendan mejor las necesidades de las empresas industriales; y 2) que los patronos industriales entiendan qué tecnologías pueden influir de forma positiva en su actividad.
- Definir y formar los nuevos perfiles profesionales.

Las acciones realizadas para cumplir estos objetivos han posicionado a la Cátedra como un espacio en que empresas industriales, académicos y estudiantes convergen para reflexionar y, posteriormente, actuar. Como resultado de estas interacciones, se ha producido un rico intercambio de experiencias entre empresas y universidad que vamos a presentar en este artículo.

Aunque hay un acoplamiento claro entre las mismas, vamos a presentar la actividad de la Cátedra en dos dimensiones: 1) reflexión y divulgación; y 2) formación. Estas dos áreas ocupan, respectivamente, las secciones 2 y 3. El artículo se concluye con las oportunas conclusiones sobre la actividad de la Cátedra de Industria Conectada.

2. REFLEXIÓN Y DIVULGACIÓN

Desde los comienzos de la Cátedra en 2017, en línea con su vocación de facilitar el diálogo entre empresas industriales y tecnológicas, se han venido seleccionando temáticas relevantes que se han trabajado con un enfoque dual: público y privado. Además, se ha establecido un foro en el que CEOs de empresas importantes en las escenas local y global de la digitalización de la industria.

2.1 EVENTOS PÚBLICOS Y PRIVADOS SOBRE INDUSTRIA 4.0.

Para ilustrar las dinámicas de estos eventos, pondremos como ejemplo la primera de estas jornadas, que se tituló "Información de los datos". Se eligió ese tema por estar en la base de las posibilidades que ofrece la digitalización a la industria, ya que la incorporación de sensores a los procesos productivos en los últimos años ha llevado a muchas empresas industriales a obtener una ingente cantidad de datos sobre sus operaciones y, en algunos casos, sobre sus clientes.

Es un hecho comúnmente aceptado que el tratamiento adecuado de estos datos puede ayudar a las empresas a optimizar estas operaciones o a conocer mejor a sus clientes, lo cual puede otorgarles claras ventajas competitivas. Sin embargo, la extracción de la información relevante escondida dentro de estos grandes almacenes de datos está lejos de ser un proceso trivial. Con el propio título del evento, se enviaba un mensaje que pretendía alertar sobre las diferencias entre simplemente tener datos y tener datos recopilados con la metodología y calidad suficientes para hacer posible la extracción de la información que se contiene dentro de los grandes volúmenes de datos recogidos.

Como se ha dicho, el evento tuvo una primera jornada pública en la que se comenzó a hacer énfasis en la importancia para la Cátedra de hacer confluir no sólo a empresas industriales y tecnológicas, sino a empresas y universidad. Así, después de una ponencia principal de Carme Artigas, que en la fecha de redacción de estas líneas ejerce la Secretaría de Estado de Digitalización e Inteligencia Artificial, se expusieron dos iniciativas de analítica de datos por parte de Indra, patrono tecnológico de la Cátedra, y de Eugenio Sánchez Úbeda, profesor e investigador del Instituto de Investigación Tecnológica de ICAI.

El análisis del público objetivo de estos eventos públicos también es relevante, ya que la campaña de publicidad de los mismos se realizó con el objetivo de que en este foro confluyeran empresarios industriales y tecnológicos (para lo que fue muy importante la colaboración del Observatorio de la Industria 4.0), profesores e investigadores universitarios y, quizás lo más importante, estudiantes universitarios no sólo de ingeniería, sino de todo el ecosistema conformado por los tres principales campus de Comillas.

El día posterior a la jornada pública, se arrancó con las jornadas de reflexión y compartición de experiencias entre los patronos de la Cátedra, evento que deliberadamente se diseñó como privado para favorecer el afloramiento de cuestiones relevantes, pero no aptas para eventos de amplia difusión. Estas jornadas se articulan en torno a la experiencia de uno de los patronos (en el caso de la temática de información de los datos, la jornada de reflexión la lideró IBM) y tienen una fase de trabajo previo que sirve para optimizar el tiempo de trabajo. La presencia de un actor universitario se cubre con la representación de algún profesor o investigador de ICAI.

Fruto de los trabajos en estas jornadas privadas de reflexión ha habido múltiples contactos bilaterales o multilaterales entre empresas patrono de la Cátedra que han favorecido el objetivo de favorecer la comprensión de las ventajas y barreras que podemos encontrar en los procesos de transformación digital de la industria en general y de la economía en particular.

A este primer evento dual sobre Información en los Datos le han seguido una serie de eventos que listamos en orden cronológico y que dan una idea de las temáticas relevantes en cuestiones de industria 4.0 así como su evolución en el tiempo:

- Talento 4.0.
- Ciberseguridad
- IIoT. Internet de las cosas, los servicios y las personas
- Robótica
- Inteligencia Artificial
- Trazabilidad y Cadena de Suministro
- Agenda Digital
- Realidad Virtual y Realidad Aumentada
- Descarbonización y Digitalización
- Computación Cuántica
- El papel de las TIC en la crisis global de la pandemia
- Hacer visible lo invisible
- La Persona en el centro

El análisis de la lista de temática revela el buscado equilibrio entre tecnologías y cuestiones relevantes para el desarrollo socialmente justo de la industria digital. De esta manera, se ha evolucionado desde las bases tecnológicas hasta cuestiones estratégicas para terminar en un evento en el que se puso definitivamente el énfasis en la importancia de que toda la transformación de industria y economía se ponga al servicio de las personas.

La presencia del talento en la economía digital como una de las primeras temáticas tratadas fue importante. En este evento, quedó patente la crisis de talento que vivía y sigue viviendo la industria a la hora de acceder a perfiles preparados para la nueva realidad digital. De alguna manera, el pano-

rama descrito en las dos fases (pública y privada) del evento convenció al equipo director de la Cátedra de que definitivamente era importante lanzar de forma rápida y decidida las iniciativas de formación que estaban en fase embrionaria, y que vamos a describir en la sección 3.

2.2 DESAYUNOS CON CEOS

Con este evento, la Cátedra busca concentrarse en las cuestiones estratégicas relacionadas con la nueva economía digital y que, por estar en las agendas de los dirigentes de sus principales actores, van a marcar el devenir de la transformación en el corto y medio plazo.

Se trata de un foro privado, sin prensa, en el que en un desayuno la persona invitada comparte su visión, o la visión de su empresa sobre el panorama digital, desglosando a menudo cuáles de todos los disponibles son los drivers digitales más importantes en su contexto.

Desde 2018, en algunas fechas (principalmente en los meses de verano) este evento se organiza en colaboración con el Club Empresarial ICADE, algo que también rebela el interés creciente en Comillas por tender puentes entre sus diferentes campus, que por supuesto es un objetivo compartido por la Cátedra.

La lista de invitados al desayuno desde 2017 a 2020 es la siguiente. Téngase en cuenta que el cargo descrito era el ostentado por la persona invitada en el momento de realizar su discurso:

- José Bogas. Consejero delegado de Endesa (2017).
- Marta Martínez. Presidenta de IBM España, Portugal, Grecia e Israel (2017).
- Carlos Marcos. Consejero delegado de ABB en España y Portugal (2017).
- Jesús Pascual. Consejero Delegado de Grupo Antolin. Febrero (2018).
- Bernardo Velázquez. Consejero delegado de Acerinox (2018).
- Francisco J. Riberas. Presidente Ejecutivo de Gestamp (2018).
- Fernando Abril-Martorell. Presidente de Indra (2018).
- Enrique Ramírez. Director General de Pladur (2018).
- Marcelino Oreja. Consejero delegado de Enagás (2019).
- Marc Gómez. Consejero delegado de ABB en España y Portugal (2019).
- Christian Gut. CEO de Prosegur (2019).
- Juan de Antonio. Fundador y CEO de Cabify (2019).
- Josu Jon Imaz. Consejero delegado de Repsol (2019).
- Alejandro Pociña. Presidente de Steelcase España (2019).
- Jesús Sánchez Quiñones. CEO de Renta 4 (2020).
- Juan de Navascués. CEO de Saargummi (2020).
- Ezequiel Szafir. CEO de Openbank (2020).
- María Helena Antolín. Vicepresidenta de Grupo Antolin (2020).

La lista de invitados, del máximo nivel, revela el interés de la Cátedra por sondear diversos sectores, desde distintos industriales, hasta el financiero, pasando por sectores clave para la nueva economía como la movilidad o la seguridad. Las claves aportadas por estos invitados enriquecen la comprensión de la Cátedra del complejo contexto de la economía digital, algo que permite realizar ajustes en su actividad para responder de manera optimizada a las necesidades puntuales de la industria, transfiriendo de manera indirecta este conocimiento aportado por los CEOs a la sociedad.

3. FORMACIÓN E INVESTIGACIÓN.

Aunque son dos cuestiones distintas, en este artículo vamos a exponer de manera conjunta las iniciativas puestas en marcha desde la Cátedra en materias de formación e investigación. El motivo principal, como se comenta a continuación, es que, desde la Cátedra, mediante su laboratorio de investigación e innovación el CIC Lab, ofrecemos a los estudiantes de ICAI la posibilidad de participar en proyectos de investigación, lo cual les permite completar su formación con materias avanzadas que además demanda la industria.

Como se ha comentado en la sección anterior, la cuestión del talento en el nuevo contexto digital se abordó desde el primer día. Se ha trabajado en múltiples dimensiones e intentando dar servicio mediante programas específicos de formación a distintos públicos objetivo.

Para describir toda la actividad de la Cátedra en este campo, vamos a presentar en primer lugar los programas de Máster y después las iniciativas mixtas de formación, innovación e investigación.

3.1 PROGRAMAS DE MÁSTER

Máster en industria conectada

El primer programa propuesto por la Cátedra de Industria Conectada, que sigue todavía vigente y con una excelente salud, con unos 40 egresados anuales, fue el Máster en Industria Conectada. Es importante destacar que la clave del éxito del programa es que se diseño en estrecha colaboración con las empresas patrono de la Cátedra, que expresaron sus necesidades y revisaron la primera versión del programa de estudios.

> *...la clave del éxito del programa es que se diseño en estrecha colaboración con las empresas patrono de la Cátedra, que expresaron sus necesidades y revisaron la primera versión del programa*

El programa comenzó a cursarse en septiembre de 2017 en dos modalidades: 1) A tiempo completo combinado con el Máster Universitario en Ingeniería Industrial de ICAI; y 2) a tiempo parcial, en una clara propuesta para profesionales en activo.

La principal característica del Máster en Industria Conectada (MIC), además de su diseño orientado a responder a unas necesidades cambiantes de la industria y de su vocación de permitir a los estudiantes comprender el "enunciado" del problema de la transformación digital (todavía hay muchos que se lanzan a aplicar tecnologías sin un objetivo bien concretado), es la fase de prácticas en empresa con la que se concluye el programa.

Con este diseño, los estudiantes realizan la transición entre carrera universitaria y carrera profesional de manera óptima, aplicando todo lo aprendido en el programa a problemas reales de la industria y generando un valor que ha hecho que estos perfiles sean altamente codiciados.

A principios de 2020, momento en el que la pandemia de COVID-19 golpeó con fuerza a toda la economía, sistema educativo incluido, los estudiantes del MIC habían "conquistado el mundo", realizando prácticas en Europa, EEUU, América Latina, Asia y Australia. Después de un curso en el que las prácticas se han hecho más locales, esperamos que nuestros estudiantes vuelvan a aportar valor en todo el mundo.

Programa avanzado en industria conectada, liderazgo y transformación digital

Este programa se diseñó en respuesta a las necesidades de perfiles profesionales senior que estén interesados en liderar los procesos de transformación de su compañía (u otras) en el futuro próximo.

Diseñado de manera modular para cubrir no sólo cuestiones tecnológicas, sino también las importantes dimensiones culturales, con un máximo de 20 participantes y articulado con un caso en el que se aplican todos los conocimientos que los distintos profesores del programa les trasmiten, este Programa Avanzado en Industria Conectada, Liderazgo y Transformación Digital se ha establecido como una referencia en este sector de formación. En el momento de la redacción de estas líneas, ha comenzado la quinta edición del programa, y cada vez con más las compañías que invitan a sus empleados a participar en el mismo y también los profesionales que ingresan sin patrocinio de ninguna compañía.

Máster en transformación digital de la industria

El Máster en Transformación Digital de la Industria de Comillas ICAI es un programa único, dirigido a personas con formación técnica y una experiencia mínima de 2 años trabajando en el sector. El máster incorpora todos los aspectos técnicos, incluyendo prácticas en laboratorio, nuevos modelos de negocio, financiación, legalidad y cuestiones éticas en el proceso de toma de decisiones.

Se trata de un programa basado en la metodología *'learning-by-doing'* y que se imparte de manera bimodal, combinando la presencialidad con sesiones virtuales síncronas, lo cual permite que sea plenamente compatible con la actividad profesional. Todo ello impartido por un claustro de profesores de reconocido prestigio y con el apoyo de la Cátedra de Industria Conectada de Comillas ICAI, una institución plenamente conectada con las necesidades reales de las industrias.

3.2 INICIATIVAS DE FORMACIÓN HÍBRIDAS E INVESTIGACIÓN

Como se ha apuntado al inicio de la sección, la formación de los estudiantes de ICAI en cuestiones de industria 4.0 no sólo se ha articulado mediante programas formales, sino que se han puesto en marcha iniciativas innovadoras de formación, además de un laboratorio de investigación cuyo motor son los alumnos de Máster de ICAI, especialmente los del Máster en Industria Conectada.

En esta sección, comenzamos exponiendo la experiencia con los hackathones para después describir las características del CIC Lab.

Hackathon for Smart Industry

Conceptualmente, el *Hackathon for Smart Industry* de la Cátedra pretende poner el talento de los estudiantes al servicio de un problema puntual o genérico de la industria, muy relacionado con la innovación.

En la fase de ejecución, el hackathon consiste en un concurso de dos días de duración en la que una compañía participante pone un problema a una serie de equipos compuestos por entre 3 y 5 personas. En las dos jornadas de trabajo referidas, los equipos evolucionan sus propuestas de solución al problema y, al final de la segunda, un jurado compuesto por miembros de la compañía colaboradora y externos evalúa las propuestas y decide cuáles son las mejores.

En la fase de diseño, la compañía elige un problema de innovación que, en el caso óptimo no debe ser ni demasiado específico (todos los equipos propondrán soluciones muy parecidas) ni demasiado general (los equipos propondrán soluciones tan dispares que será difícil compararlas). Una vez definido el reto, se puede anunciar antes del concurso o justo en el inicio.

Unas semanas antes del Congreso, se celebrará la quinta edición del *Hackathon for Smart Industry* de la Cátedra, que tendrá como empresa colaboradora a Gestamp. Anteriormente, con inicio en noviembre de 2017, han colaborado en la organización del hackathon, poniendo retos a los alumnos de ICAI y de otras escuelas de ingeniería y de negocios: IBM (2017), Grupo Antolin (2018), Mahou (2019) y Prosegur (2020).

Los resultados, en todas las ediciones, han sorprendido positivamente a las compañías colaboradoras, que han premiado a los ganadores permitiéndoles presentar sus propuestas al Comité de Dirección. En varios casos, las propuestas ganadoras se han evolucionado y han dado lugar a pruebas de concepto (o incluso se han implementado soluciones parcialmente basadas en las propuestas de los estudiantes en el hackathon).

> *Los resultados, en todas las ediciones, han sorprendido positivamente a las compañías colaboradoras*

CIC LAB: El laboratorio de innovación e investigación de la cátedra

El CIC LAB comienza su andadura en junio de 2019 como un campus intensivo de verano orientado a formar a estudiantes de ICAI en cuestiones relacionadas con la transformación digital, desde el desarrollo de proyectos basados en técnicas de inteligencia artificial (visión, predicción, aprendizaje por refuerzo) hasta un proyecto de análisis del impacto en ciertos perfiles profesionales de la automatización avanzada.

Después de completar su rodaje en 2019, 2020 sirvió para consolidar al CIC LAB como el vehículo para canalizar la investigación aplicada a problemas reales de la industria en el seno de la Cátedra de Industria Conectada. Y nada mejor para ello que responder a una serie de retos propuestos por las distintas empresas patrono.

Concretando, a principios de junio de 2020 arrancó la segunda edición de verano del CIC LAB en la que se trabajó en siete retos que consistían en problemas reales de la industria. Para resolverlos, contamos con 35 alumnos de la ETSI-ICAI, principalmente del Máster en Ingeniería Industrial (MII) combinado con el Máster en Industria Conectada (MIC), pero también de los Grados en Ingeniería en Tecnologías Industriales (GITI) y en Ingeniería en Tecnologías de Telecomunicación (GITT). Esta cifra refleja el atractivo para nuestros estudiantes de este tipo de iniciativas en las que la industria se acerca a la universidad, algo que les permite aportar valor incluso antes de terminar su formación.

Si se analiza la transformación en las líneas de trabajo y en los intereses del CIC LAB como resultado de la interacción con los patronos, podrá verse que el cambio es importante. Ahora, la investigación está mucho más aterrizada en problemas concretos. Sin embargo, la agilidad con la que los estudiantes han respondido a una serie de retos tan ambiciosos y diversos como los que presentaremos a continuación, no habría sido posible sin apoyarse en el trabajo previo de los estudiantes del CIC LAB. En este sentido, conviene destacar que las líneas de trabajo impulsadas desde septiembre de 2019 hasta mayo de 2020 sirvieron para desarrollar e interiorizar las herramientas básicas que luego se pusieron al servicio de la solución de los retos mencionados.

Tras la edición de verano, algunos retos han tenido continuidad, y de hecho cuatro estudiantes del MIC están realizando sus Trabajos de Fin de Máster dentro del CIC LAB. Además, hemos comenzado a trabajar en un nuevo reto.

A continuación, para ilustrar cómo este laboratorio se pone al servicio de los intereses de la industria, listamos los siete proyectos en los que trabajamos en verano de 2020.

- Optimización de almacén (Saargummi).
- Visión artificial (Prosegur).
- Destreza robótica (Grupo Antolín).
- Trading en mercados de commodities (Repsol).
- IIoT en entornos ATEX (Repsol).
- Analítica Avanzada en la red de distribución (Endesa).
- Ciberseguridad Industrial (Endesa).

4. CONCLUSIONES

El contacto entre universidad y empresa que ha tenido lugar en el seno de la Cátedra de Industria Conectada ha dado lugar a una serie de iniciativas orientadas a facilitar el aprovechamiento de las ventajas que ofrece la digitalización a la industria española, y también a tener una mejor comprensión de los elementos que ejercen como barreras.

Estas iniciativas se han articulado por un lado en eventos de reflexión y divulgación, que han permitido a las compañías industriales y tecnológicas mejorar su comprensión de las necesidades y capacidades de su "contraparte" en un entorno neutral, además de crear interés y vocación en cuestiones de digitalización de la industria entre los estudiantes de ICAI y de otras Escuelas y Facultades de Madrid.

También se ha establecido en la universidad, impulsado por la Cátedra, un foro de alto nivel en el que directivos de empresas de primer nivel, actores muy relevantes en la escena de la digitalización de la industria y la economía en nuestro país, han expuesto su visión estratégica de este nuevo contexto altamente cambiante en el que nos movemos en la actualidad.

Gran parte de la experiencia acumulada se ha puesto al servicio de las personas mediante programas de formación específicos, orientados a reducir la brecha entre lo que necesita la industria y las capacidades que atesoran los perfiles actuales.

Por último, se ha impulsado el CIC Lab, un laboratorio de investigación con alumnos de Máster que responde de manera rápida a problemas reales de la industria, lanzando proyectos que están teniendo continuidad y que tienen la vocación de ser el germen de proyectos de investigación o incluso de industrialización de más recorrido.

Bibliografía

- MEMORIA ACTIVIDAD CÁTEDRA DE INDUSTRIA CONECTADA, 2020, https://www.comillas.edu/documentos/catedras/cic/memoria-anual-CIC-2020.pdf
- WEB CÁTEDRA DE INDUSTRIA CONECTADA, acceso 30/10/2021, https://www.comillas.edu/cic

Mariano Ventosa

Mariano Ventosa Rodríguez es ingeniero industrial del ICAI desde 1993 y doctor ingeniero por la Universidad Pontificia Comillas desde 2001.

Es profesor del Departamento de Ingeniería Eléctrica del ICAI desde 1993 e investigador del Instituto de Investigación Tecnológica desde 1996. Sus áreas de interés incluyen la economía de los sistemas de energía eléctrica y los retos de la 4ª revolución industrial.

Ha participado en consultorías y proyectos de investigación sobre estos temas en colaboración con distintas empresas y ha publicado más de 50 artículos en revistas y congresos internacionales.

Ha sido profesor visitante en Johns Hopkins University, Department of Geography Environmental Engineering, Maryland, EEUU. Actualmente, es vicerrector de Investigación y Profesorado de la Universidad Pontificia Comillas y director de la Cátedra de Industria Conectada.

Álvaro López

Álvaro López López es ingeniero técnico electrónico desde 2004, en 2006 obtuvo el título de ingeniero en automática industrial y en 2016 el de doctor ingeniero por la Universidad Pontificia Comillas (Madrid). De 2006 a 2010 formó parte del Departamento de Diseño de CRISA (Airbus Defence and Space).

Durante su etapa de doctorado, realizó una investigación aplicada a la mejora de los sistemas de potencia ferroviarios. Desde 2017, es investigador del Instituto de Investigación Tecnológica (IIT) y coordinador / investigador principal de la Cátedra de Industria Conectada, donde su investigación se centra en cuestiones relacionadas con la digitalización de los procesos industriales, destacando la aplicación de técnicas de deep learning y aprendizaje por refuerzo a la mejora de procesos, la visión artificial y la robótica. La Cátedra de Industria Conectada de ICAI es hoy un ejemplo de colaboración entre universidad y empresa.

Mesa 1 / Ponencia 2

QUÉ PODEMOS HACER LOS INGENIEROS PARA FOMENTAR LA VOCACIÓN DE INGENIERÍA ENTRE LOS JÓVENES

Carmen Rider. *Key Account Manager. Wellness TechGroup (Smart cities).*

1. Introducción

Cuando yo tenía catorce años descubrí el significado de la palabra vocación. Fue en la asignatura de ética. Mi profesor, un señor encantador y jesuita, nos contó algo así: vocación es aquello para lo que uno está llamado en vida. La idea de sentir una llamada y vivir conforme a ella sonó profundamente atractivo para mí. Seguramente porque soy una persona bastante idealista y también porque los catorce años es de por sí una edad idealista. La vocación parecía ser algo así como la respuesta a todos mis problemas.

Pero entonces me encontré con otro problema: yo no sentía una vocación clara. Recuerdo a mi amiga Natalia, que sabía perfectamente que quería convertirse en veterinaria. O a mis compañeras Marta y Ana, quienes tenían clarísimo (o aparentemente) que querían ser médicos. Y luego tenía un montón de amigos y compañeros a quienes aquello de la vocación les generaba bastante indiferencia. No parecían pensar que valiera la pena dedicarle tiempo a pensar o a hablar de ello. La cuestión es que yo quería ser como Natalia, Marta y Ana, pero no lo conseguía.

El mayor problema vino cuando tuve que elegir qué carrera estudiar. La joven idealista que vivía en mí pensó en una carrera de Humanidades, que me parecían más acordes con mi idealismo de la época. Pero mis padres, muy pragmáticos, me aconsejaron que eligiera una carrera de ciencias y con salidas.

Así que por una mezcla de falta de vocación y de recomendación de mis padres escogí estudiar ingeniería industrial. Algo que ha resultado ser una buena elección, a pesar de que considero que mi proceso de decisión distó muchísimo de ser ideal.

Seguramente por esta experiencia me he sentido "llamada" a exponer mis ideas y vivencias en relación con este tema. Por ello quiero reflexionar sobre **cómo los ingenieros podemos fomentar la vocación de ingeniería entre los jóvenes**. Me gustaría que los jóvenes eligieran su camino profesional con más conocimiento de causa del que yo tuve. Personalmente no creo que se trate de animarlos a estudiar ingeniería porque sí, porque es el futuro, porque es una apuesta de país, porque tiene muchas salidas o en el caso de las chicas porque queda fenomenal decir que apostamos por las mujeres STEM o STEAM[1] . Yo apuesto por dar información y herramientas para ayudar a las personas a tomar buenas decisiones por sí mismas. No a tomar decisiones que convengan a intereses ajenos.

EL CONTEXTO

Porque, de hecho, aquí llega el reto de las ingenierías. Por un lado, son las carreras con el mayor número de salidas, las que reciben mayor atención por parte de los gobiernos, las que tienen empresas tecnológicas con recursos implicándose en la educación de los niños desde la edad de.... ¡seis años! Y, aun así, los matriculados en carreras técnicas de Ingenierías y Arquitectura en España han descendido un 28% en los últimos años, siendo además este descenso más marcado en chicas que en chicos (33% chicas versus 26% chicos).

Estos datos son fuente del Estudio Digital ES EL DESAFÍO DE LAS VOCACIONES STEM - Por qué los jóvenes españoles descartan los estudios de ciencia y tecnología, 2019. En dicho informe se presentan las principales causas, agrupadas en siete bloques que aparecen en el siguiente gráfico. (*Ver gráfico*)

Por tanto, de acuerdo con el análisis anterior, los motivos principales se podrían aunar en dos grandes bloques: **Dificultad académica** (40%) y **Falta de orientación y conocimiento** (65%), el cual incluye a aquellos que no tienen claro las salidas profesionales (25%), no tienen claro qué elegir (35%) o no conocen ningún ingeniero (5%).

Motivos por los que no escogerían formarse en la rama de Ingeniería y Arquitectura

Fuente: Cuestionario Alumnos Educación Secundaria, bachillerato y FP

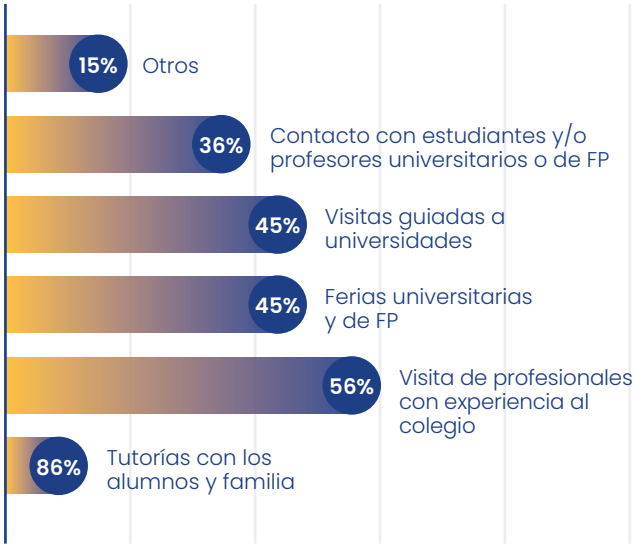
De estos dos grandes bloques yo me quiero centrar en el segundo problema, que atañe al 65% de los jóvenes y que, además, es donde creo que la comunidad de ingenieros de ICAI podemos (y debemos) aportar más.

De hecho, en España la primera ley sobre derecho a la orientación educativa y profesional data de 2006, año en el que yo me gradué. Así que la ley llegó tarde para mí, pero celebro que lo hiciera y que otros se hayan podido beneficiar. Sin embargo, considero que sigue siendo insuficiente. ¿Se ha mejorado desde que yo estudié en el colegio? Por supuesto. Para

[1] STEM es el acrónimo inglés equivalente a science technology engineering and mathematics y STEAM incluye además de las materias anteriores architecture.

mí la orientación profesional consisitó en un test que nos hizo el psicólogo del centro donde yo estudiaba y cuyos resultados nunca llegué a ver. Punto. Entonces, ¿hemos evolucionado desde entonces? Desde luego, pero es que era fácil mejorar. Como se puede ver en el siguiente gráfico, hoy en día en los colegios de España se ofrecen distintas actividades orientativas, algo a lo que yo nunca tuve acceso. Pero es que han pasado veinte años y yo no creo que sea suficiente, y menos en lo que concierne a ingeniería. Porque retomo el dato anterior, que es significativo: un 65% de los jóvenes no escogería ingeniería por falta de información.

Realización de actividades orientativas por parte de los centros



Fuente: Entrevista Directores de Colegio

Antes de seguir, me gustaría hacer un paréntesis para hablar de las chicas. Porque si la cifra de chicos en carreras técnicas ha descendido (25%), la de las chicas lo ha hecho aún más (33%). Además, ellas siguen siendo minoría en estas carreras (25%).

Los motivos por los que las chicas son minoría son variados. Hay un estudio de la OECD[2] en el que se agrupan en tres fundamentales: "The ABC of Gender Equality in Education: Aptitude, Behaviour, Confidence". Aptitude tiene que ver con una combinación de estereotipos y expectativas sociales. Behaviour con una mayor preferencia por las carreras con orientación social. Y confidence con la confianza en sí mismas.

Me gustaría poner de relevancia dos puntos sobre esta cuestión de género. El primero es que las chicas huyen de la palabra ingeniería. Prefieren antes las ciencias puras. **Una chica estudiará antes un grado de química que uno de ingeniería química**. Lo segundo es que para las chicas el factor social, el hecho de estar a diario en contacto con personas y ayudarles, tiene mayor peso que para los chicos. Y existe la percepción de que los ingenieros realizan trabajos con un bajo factor social.

> *"Las chicas huyen de la palabra ingeniería. Prefieren más las ciencias puras que las ingenierías. Prefieren estudiar antes un grado de química que uno de ingeniería química"*

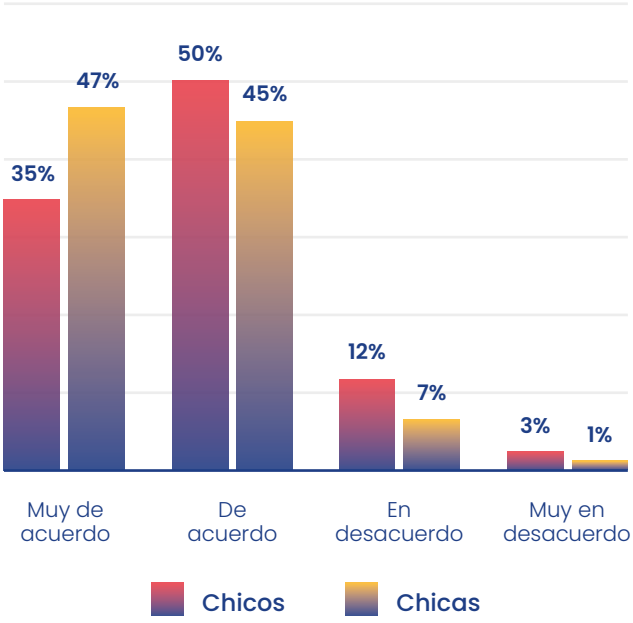
2. Qué podemos hacer al respecto

En este punto me gustaría recordar algo fundamental. Acompañar a los jóvenes en esta decisión ha de ser una tarea compartida, que no debe depender de unas pocas personas, y en la que nos debemos implicar muchos: los familiares, los profesores, las universidades, las empresas, las fundaciones que se dedican a esta temática. Es una tarea suficientemente importante y compleja como para que toda la sociedad reflexione sobre ella y se involucre en la medida de lo posible.

[2] OECD equivale por sus siglas en inglés a Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. Aglutina a 38 estados, entre ellos España. Sus publicaciones, estudios y estadísticas están considerados importantes referencias.

Conciencia social chicos vs. chicas:

Indica tu grado de conformidad con la siguiente frase: "Creo que es importante estudiar algo que me permita estar en contacto con las personas y ayudarles a diario"



Fuente: Cuestionario Alumnos Educación Secundaria, Bachillerato y FP

Así que sé que con lo que voy a proponer a continuación no se va a resolver la totalidad del problema. No obstante, me gustaría hacer una serie de recomendaciones al alcance de la comunidad de ingenieros. Después de todo, yo creo que cuando las personas nos ocupamos de nuestro metro cuadrado ya estamos haciendo suficiente.

Así pues, ¿cuál es el metro cuadrado de los ingenieros? La falta de información sobre la ingeniería, que precisamente es el problema principal por el que se descarta la ingeniería. Vuelvo a recordar el dato: 65%.

A continuación, doy algunas acciones en esta línea:

1. QUITARLE CIERTO HIERRO A LA ELECCIÓN DE CARRERA Y DESTERRAR EL MITO DE LA VOCACIÓN

Aquí me gustaría dar unos consejos generales sobre la elección de estudios universitarios. Creo que hay que comenzar por quitarle cierto hierro a esta decisión que los jóvenes hacen a los dieciocho años. ¿Es importante? Por supuesto. ¿Es definitiva? Desde luego que no. Recordemos que el ser humano tiene derecho al error. Y al cambio de rumbo, y a que dicho cambio sea pequeño, mediano o grande.

Muchos jóvenes viven esta gran decisión como una cuestión en la que se están jugando todo su futuro y felicidad de ahí hasta que se mueran. Lo cierto es que hay muchos adultos que en la treintena o en la cuarentena no saben bien qué quieren, así que con mayor motivo los adolescentes pueden sentirse perdidos y tomar dicha decisión con dudas.

Por otro lado, también me parece importante desterrar el mito de que todas las personas tenemos una vocación y que hemos de hacer de ella nuestra carrera profesional. Hay algunas personas que sí, pero para la mayoría esto no es así. Además, quizás haya gente que tengan tal vocación y, aun así, prefieran no hacer de ello su profesión. Lo que sí que creo es que uno no puede vivir de espaldas a su vocación o a sus pasiones. Es decir, si alguien siente una gran llamada a bailar, a cantar, a diseñar cosas, etc.... sería terrible que esas actividades no fueran parte de su vida, sin embargo, eso no significa que deban dedicarse a ello profesionalmente. En los últimos años se ha hecho muy popular el dicho "encuentra tu pasión y síguela". Pero yo creo que esta máxima tiene muchos problemas. Bajo mi experiencia, me parece más adecuado el enfoque de identificar nuestras pasiones y encontrar la manera de integrarlas en nuestras vidas. Quizás sea suficiente con tener estas pasiones como hobbies o tal vez podamos incorporarlas de alguna manera en nuestro trabajo. Por ejemplo, yo tengo un compañero al que le encanta tocar la guitarra. Pues él, en muchas reuniones, saca su guitarra y en dos minutos rompe el hielo, anima a la gente, hace que todo el mundo se acuerde de él y se diferencia como profesional. Este es para mí un ejemplo de llevar una de tus pasiones al ámbito del trabajo.

2. MOSTRAR QUE LA INGENIERÍA TIENE MUCHOS CAMINOS PROFESIONALES

Una de las dificultades a las que se enfrenta la ingeniería para "enamorar" a los jóvenes es que no se tratan carreras con salidas naturales ni visibles. Es decir, hay estudios como medicina, enfermería, arquitectura.... Que tienen ciertas salidas naturales. De hecho, estas tres son carreras conocidas, con un cierto prestigio y en las que hay claridad sobre algunos (que no todos) de los trabajos que hacen sus profesionales. Por ejemplo, es casi imposible que una persona en España llegue a los dieciocho años sin haber estado en la consulta de un médico o de

un enfermero, por lo que esta experiencia cotidiana le da visibilidad sobre una parte del trabajo que se ejerce en la profesión sanitaria.

Pero ¿cómo es el lugar de trabajo de un ingeniero? ¿Qué tareas hace? La realidad es que hay carreras en las que la gente externa y, particularmente, los jóvenes tienen ideas muy difusas o alejadas de la realidad. Algunos ejemplos de carreras sin salidas naturales son empresariales, filosofía o historia. A parte de ser profesor o investigador, ¿qué salidas tienen estas carreras? Aunque en el caso de empresariales parten con ventaja sobre la filosofía y la historia porque la gente que estudia empresariales entiende que puede trabajar en una empresa y que empresas hay de todos los colores. Pues bien, con ingeniería pasa un poco lo mismo que con empresariales. Pero con una diferencia y es que mucha gente piensa que los ingenieros realizamos trabajos muy técnicos, altamente matemáticos y aislados de la gente. Esto no es así para nada, no es el caso de ninguno de mis compañeros de carrera y no es el mío.

Entonces, yo creo que para el mundo en el que vivimos y el que va a venir esta característica de la ingeniería es una ventaja. Como dice Sheryl Sandberg (directora de operaciones de Facebook), el mundo corporativo ya no se parece tanto a una escalera (the corporate ladder, que dicen en inglés), sino a una jungla en la que uno se va moviendo, adaptando y creando su propio camino. Entonces esta capacidad del ingeniero para hacer una gran variedad de tareas y de adaptarse a los cambios se ha visibilizar entre los jóvenes porque es valiosísima.

> ***Es fundamental que hablemos con los jóvenes que tenemos a nuestro alrededor de nuestros trabajos***

3. CONVERSAR CON NUESTROS JÓVENES SOBRE NUESTRAS EXPERIENCIAS Y CONOCIMIENTOS

Para mí es fundamental **que hablemos con los jóvenes que tenemos a nuestro alrededor de nuestros trabajos**. Con nuestros hijos, con los amigos de nuestros hijos…. Porque no olvidemos que los niños y los jóvenes suelen saber bastante bien lo que les gusta y lo que no. Sin embargo, lo que suele ser difícil es saber cómo se traslada eso al mundo de los mayores. Entonces yo os pregunto: ¿alguna vez les habláis a vuestros hijos de vuestros trabajos? ¿Saben en qué consisten éstos? ¿Conocen qué hacéis en vuestros día a día? ¿Qué os gusta y no os gusta? A mí, por ejemplo, mis padres jamás de hablaron de todo esto. Ni ellos ni ningún adulto. En este sentido, lo más que pude obtener de los adultos a mi alrededor, fue la clásica pregunta: ¿qué quieres ser de mayor? Lo terrible era que cuando respondía las respuestas que obtenían eran horribles: "no estudies eso, pasarás hambre, mala decisión, mejor haz esto otro, etc…." Juicio, mucho juicio, poca empatía, mucho miedo y ninguna ayuda.

A mí me parece una pena que los adultos, que tienen más experiencia y madurez, respondan de esta forma tan simplona. Luego nos preguntamos por qué los jóvenes no hablan con nosotros, por qué no nos cuentan sus problemas… Y yo cuestiona a los adultos: ¿crees que tu manera de abordar a los jóvenes les invita a comunicarse o a defenderse? ¿Les hablas abierto a un intercambio de opiniones o tratas de imponer tu punto de vista? ¿Les preguntas o les inquieres? ¿Les has hablado de tus sueños? ¿De tus frustraciones? ¿De lo que te gustaría haber sabido a su edad? ¿De lo que te faltó? ¿De lo que todavía te falta?

4. COMPARTIR NUESTRAS EXPERIENCIAS Y CONOCIMIENTOS DE MANERA FORMAL

Yo os invitaría a que os ofrezcáis para **dar charlas en las escuelas y en las universidades sobre vuestras carreras profesionales.** También que organicéis visitas a vuestro trabajo. ¿Por qué propongo esto? Pues porque de entre las actividades organizadas éstas dos son las preferidas, con diferencia, por los jóvenes.

Y yo os digo que no esperéis a que os vengan a preguntar, sugeridlo vosotros. Una vez más, como esperemos a que cambie la ley, la universidad, la educación, pasarán otros 20 años y se habrá avanzado

poco. Por ejemplo, yo me propuse para dirigir un Trabajo Final de Máster en ICAI. Nadie me vino a buscar y la experiencia ha sido enriquecedora para alumno, universidad y yo misma ya que es una oportunidad de traspasar conocimiento, experiencia y de alguna manera de hacer mentoring.

...hablemos del rol social y transformador de la ingenieria

Si sois mujeres, con más motivo porque seréis referente para otras chicas. Sobre este tema de las chicas, creo que sería crucial que hablemos del **rol social y transformador de la ingeniería**. Por un lado, no es cierto que los ingenieros trabajemos en solitario la mayor parte del tiempo. Todos los ingenieros que yo conozco tienen trabajos en los que están en contacto con personas a diario, en los que es tan importante saber trabajar a nivel individual como en equipo. Por otro lado, la ingeniería tiene una clara capacidad de transformar el mundo. **La ingeniería nos rodea por todas partes**. Abarca el metro en el que vamos al trabajo, el teléfono con el que nos comunicamos, las series con las que nos entretenemos en Netflix, los aparatos con los que nos hacen pruebas médicas... Ingeniería son también las energías renovables, la economía circular, las startups sociales que tienen como base ingeniería, etc.... Así que **si lo que les preocupa a las chicas es ayudar a los demás y mejorar la sociedad yo tengo clarísimo que ése no es motivo para declinar una carrera de ingeniería.**

En definitiva, esto no se trata de sumar estudiantes a las carreras técnicas porque sí, o de animar a las chicas a que se conviertan en ingenieras porque así parecemos más modernos. Se trata de dar información real para que chicos y chicas, informados, elijan una carrera técnica si es que tiene sentido para ellos.

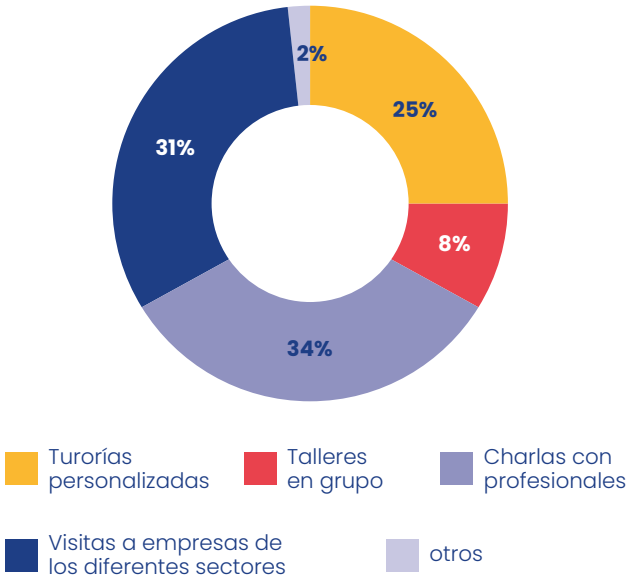
5. Ofrecer a los jóvenes herramientas de terceros

Hoy en día, y principalmente gracias a internet, tenemos acceso a mucha información útil. Quiero recomendaros que deis a los jóvenes herramientas que no existían cuando yo era adolescente y que son maravillosas. Por ejemplo:

- **La fundación Bertelsmann** lleva desde 2014 destinando el grueso de sus esfuerzos al empleo juvenil. Realizan dos tipos de actividades en este sentido. Por un lado, ofrecen orientación profesional de calidad a los jóvenes en los centros educativos. Por otro lado, formación profesional dual en los que se compatibiliza el aprendizaje académico con el de la empresa. Han elaborado un manual muy interesante llamado "¿Cómo orientar profesionalmente a tu hijo? Manual práctico para padres".
- **Junior Achievement** es una asociación estadounidense que llegó a España en 2001 y trabaja con centros educativos, organizaciones empresariales y gobiernos para proporcionar a los jóvenes experiencias que les ayuden a adquirir habilidades en tres áreas: el emprendimiento, la orientación laboral y la educación financiera.
- **Singularity Experts** es una plataforma online de orientación profesional que en 4 horas te dice 10 empleos con futuro perfectos para cada persona.
- **Mywaypass** es otra plataforma online de orientación profesional.

Métodos de información sobre estudios preferidos por los alumnos

¿Cómo te gustaría que el centro te informase sobre tus futuros estudios?



Fuente: Cuestionario Alumnos Educación Secundaria, Bachillerato y FP

- **Club de talentos** es una empresa dedicada a descubrir talentos y después ayudarte a aprender lo más útil en función del talento de cada uno.
- **La Akademia** promueve de forma gratuita la educación emocional entre jóvenes de dieciocho y veintitrés años. Su finalidad es acompañarles para que aprendan a ser felices y descubran quiénes verdaderamente son, encontrando el sentido que quieren darle a sus vidas emprendiendo una función profesional útil, creativa y con sentido en la nueva Era del Conocimiento.
- **El blog Vivir al máximo** contiene muchos artículos sobre orientación profesional, elección de carrera y estilo de vida.

Éstas son solo algunas herramientas que yo conozco. Hay muchísimas más. Ninguna de ellas existía antes de que yo cumpliera los dieciocho años. Ojalá las hubiera tenido a mi alcance. Pero como no pudo ser así, lo que quiero es que los jóvenes de ahora se beneficien de ellas.

Eso sí, para mí es importante recalcar que no se trata de darles estas herramientas y considerar el trabajo hecho. Hay que seguir acompañando a los jóvenes, obviamente en función de la implicación que tengamos con cada uno porque no se puede esperar lo mismo de los padres, que, de un conocido de la familia, que de un profesor…

6. ANIMARLES Y DARLES OPORTUNIDADES PARA QUE TENGAN INFORMACIÓN SOBRE OTRAS PROFESIONESY ESTILOS DE VIDA

No deberíamos tratar de imponerles nuestro punto de vista. La ingeniería no es la única opción. Es solo una más. Incluso la universidad no es la única opción.

Creo que hay que ser valientes y honestos en este punto. Por un lado, hace falta cierta valentía para ofrecer información sobre profesiones menos clásicas. Cuando digo esto estoy pensando en que vivimos en un mundo en el que hay gente que se dedica profesiones que no existían hace 50 años. Porque, ¿qué se estudia para trabajar en hacer los efectos especiales de las películas? Y, sin embargo, hay gente que se dedica a esto y benditos sean porque gracias a ellos tenemos películas maravillosas. ¿O si les atrae una carrera en el mundo deportivo? A mi padre, que nació en la década de los 50, le hubiera encantado dedicarse profesionalmente al deporte. Pero en esa época aquel camino era realmente complicado. Hoy no, así que abramos la mente a esas otras posibilidades. ¿Qué opciones hay? ¿Y si lo que les interesa es el mundo de la interpretación o del arte? ¿Qué vamos a hacer? ¿Decirles que los artistas son unos muertos de hambre? ¿O mostrarles ejemplos de personas del mundo del arte que tienen vidas satisfactorias? ¿Queremos que elijan con miedo e información sesgada o con conocimiento de causa y apoyo?

Creo que no todo debe ser presentar las opciones tradicionales como medicina, abogacía, profesorado, etc… Ni son las únicas opciones ni son buenas para todos.

También hay que ser honestos para contar la cara b de cada profesión. Es importante insistir que en cualquier decisión en la vida viene con sus propias espinas. Y que lo esencial es que las personas elijamos siendo conscientes de cuáles son las sombreas de nuestras decisiones. Si las conocemos y nos sentimos conformes con ella, seguramente estará bien.

Si pienso en la cara b de la ingeniería, se me ocurren dos de ellas. Por ejemplo, es una profesión en la que es poco habitual trabajar por cuenta propia. Y no es que no sea posible. Entonces, si eres una persona que te sientes más cómodo trabajando para ti mismo, seguramente hay opciones mejores. O también, si quieres que tu trabajo y tu vida impliquen mucho tiempo al aire libre es muy probable que las ingenierías (salvo tal vez ingeniería agrónoma o de montes) no sea la mejor decisión para ti.

3. Cómo sacar partido de la universidad, ya sea ingeniería o no

En el siguiente apartado quiero exponer mis reflexiones sobre cómo guiar a los jóvenes para que saquen el máximo partido a la etapa universitaria. Me da pena pensar que hay personas que se embarcan en la universidad por inercia y sin pensar si es realmente lo que quieren y sin comprender lo privilegiadas que son. Después de todo, hasta no hace tanto tiempo en España la universidad era solo alcanzable para unos pocos.

Creo que la etapa universitaria es un periodo de vida estupendo y que merece ser aprovechado lo más

posible. Así que empecemos reflexionando sobre ¿para qué vamos a la universidad? Yo creo que las principales razones son:

1. Para conseguir un título.
2. Para hacer una red de contactos.
3. Para tener experiencias ricas a una edad clave.
4. Para prepararnos para la vida adulta.

Sobre el punto 1 (conseguir un título), es cierto que en muchos casos es necesario para ejercer ciertas profesiones. Algunos ejemplos son la arquitectura o la ingeniería para firmar proyectos o la medicina. Pero éstos son pocos casos.

¿Y qué pasa si luego no se trabaja exactamente de aquello para lo que se estudió en la universidad? Algo que siempre ha existido, pero que es cada vez más habitual ya que los cambios de carrera se han aceptado como algo normal y hasta deseable.

Sobre el punto 2 (hacer una red de contactos), cuando uno va a la universidad está en una edad y en unas circunstancias en las que se establecen unos lazos especiales con las personas del entorno. Y esto es un equipaje para el resto de la vida. Hay muchas situaciones en que las personas que se conocen en la universidad son quienes te dan ese gran salto profesional, quienes te aconsejan en cuestiones de la vida o del trabajo en momentos críticos, a veces conoces a tu pareja ahí... Así que, sí, somos seres sociales y la etapa universitaria es un momento en el que se tiene energía, tiempo, pocas obligaciones como pueden ser cuidar de hijos, familiares, pagar hipotecas. Además, se es mayor de edad y se tiene suficientemente autonomía para hacer en la vida. Por lo tanto, se dan los ingredientes para que se puedan hacer grandes amistades.

Sobre el punto 3 (tener experiencias ricas a una edad clave), como decía, es una edad estupenda, en la que se tiene energías, curiosidad, ganas de comerse el mundo, pocas responsabilidades. Es una etapa en la que la persona está sentando las bases de su futuro. Lo que se haga durante ese periodo de tiempo tendrá un profundo impacto en el resto de la vida. Es sin duda el momento de arriesgarse y aventurarse. Con cabeza, pero hacerlo.

El punto 4 (prepararnos para la vida adulta) es tal vez el más importante porque engloba a los anteriores.

Consejos para sacarle el máximo partido a la universidad

En base a todos estos puntos, hago una serie de sugerencias sobre cómo los jóvenes pueden sacar lo mejor de la etapa universitaria.

Para empezar, yo aconsejaría aprovechar las posibilidades de **estudiar en el extranjero**. Estas experiencias permiten aprender otro idioma, obligan a desenvolverse con problemas de la vida real cómo abrir una cuenta, buscar un sitio dónde vivir, administrar las finanzas personales... Y todo ello en un país extranjero, en un idioma más o menos desconocido. Para mí desde luego fue una gran satisfacción irme a vivir a Francia, llegar sabiendo muy poco francés y, dos años más tarde, volver a mi país con un alto conocimiento del idioma y un gran bagaje de la vida. Esta ha sido tal vez la experiencia universitaria que me hizo sentirme más capaz de lograr retos difíciles.

También recomiendo que los universitarios **empiecen a prepararse para la vida real desde el primer día** usando los recursos de la universidad para lograrlo. En la universidad (y en la escuela) todo está diseñado para que a los jóvenes les vaya bien. La vida académica es mucho más fácil que la vida real. Esto puede dar lugar a engaño y la manera de evitarlo es familiarizarse todo lo posible con el mundo real. Algunas ideas son:

- Realizando prácticas en empresas.
- Realizando otros tipos de trabajo.
- Los trabajos de final de grado y final de máster son también buenas oportunidades para hacer proyectos cercanos al mundo real.
- Coloquios, conferencias, ferias de empleo, visitas a empresas, reuniones con profesionales...

Realmente la universidad ofrece un entorno para que los jóvenes se familiaricen con el mundo post-universitario, aunque a menudo esas posibilidades no sean las asignaturas troncales ni las clases obligatorias.

Además, hay una serie de habilidades o "asignaturas de la vida" para las que los jóvenes tendrían que estar lo más preparados posibles al graduarse. Algunas de ellas son:

- El **autoconocimiento**. No importa cuánto avance la ciencia el ser humano siempre va a volver a ha-

cerse las tres grandes preguntas que se hacían los filósofos griegos: quién soy, de dónde vengo y a dónde voy.

- Ser **espabilado o proactivo**. Las personas que resuelven problemas y alcanzan objetivos son siempre necesarias.
- **Inglés** y otros idiomas.
- La **tecnología**. Aunque alguien se dedique al arte, de alguna manera la tecnología puede impactar o facilitar su trabajo, así que mejor aprender sobre ella, aunque sea un mínimo.
- **Oratoria y redacción**. Escribir un e-mail, presentar ideas ante compañeros de trabajo, convencer a unos amigos de hacer un plan, grabar un vídeo en YouTube.... Todos necesitamos de estas habilidades a lo largo de nuestra vida.
- **Negociación**. Para mí la frase que mejor resume la importancia de saber negociar es ésta: "en la vida no consigues aquello que mereces, sino aquello por lo que negociar". Porque, ¿de qué sirve tener una gran formación o ser un gran profesional si luego te vendes barato? Así que, si hay que ir a una formación específica para aprender a negociar tu salario o generar ventas, pues se va, tan útil como aprender inglés.
- **Finanzas personales**. El dinero es de esas cuestiones que nos van a acompañar toda la vida. Entonces vale la pena aprender desde pronto a mantener un nivel sano de gastos, a elegir adecuadamente cuándo endeudarse, cómo invertir...
- **Cuidar la salud**. Aunque de joven uno se puede permitir excesos, lo cierto es que es posible disfrutar más de la vida y tener más energía y lucidez si cuidas tu alimentación, duermes bien, tienes buenas relaciones sociales y haces deporte regularmente. Usar hilo dental y protector solar, cuestan poco y el coste de no hacerlo es muy alto a largo plazo.

En mi opinión todas estas habilidades son inversiones necesarias para la vida. Así que, si no están incluidas en el currículum oficial de una carrera, vale la pena formarse en ellas a través de optativas, libros, cursos online, actividades extraescolares... Lo que sea, pero no dejarlas pasar por alto.

En resumen, es muy importante ser consciente de que la universidad no es un fin en sí mismo, sino un medio para alcanzar un fin. Por eso, la gran pregunta a la hora de planear la etapa post-instituto o post-colegio no debería ser «¿qué carrera quiero estudiar?» sino **«¿qué vida quiero tener una vez terminada la universidad y cómo me puedo ir preparando para ello en la universidad?».**

> ***La universidad ofrece un entorno para que los jóvenes se familiaricen con el mundo post-universitario***

4. Conclusiones

- Los jóvenes españoles están descartando las ingenierías, siendo el principal motivo la falta de información.
- Además, en el caso de las chicas el hecho de no ver aportes sociales les hace tener un motivo fuerte de descarte. Esto no se corresponde con la realidad de los trabajos de ingeniería ni con el impacto social que tiene la ingeniería. Por lo tanto, visibilicemos la realidad con datos e información veraz.
- La orientación profesional ha aumentado en España en los últimos 20 años, pero sigue siendo insuficiente. Es una labor en la que debemos involucrarnos todos los actores sociales.
- La ingeniería no es una carrera con salida natural ni únicas. Es una carrera con muchas posibilidades. Y con capacidad para transformar la sociedad, aspecto muy relevante para las chicas.
- Los ingenieros podemos compartir información proactivamente con los jóvenes a nuestro alrededor. Existen vías formales e informales para hacerlo. Lo más importante es no imponer nuestras decisiones, sino acompañar a los jóvenes.
- Hagan lo que hagan los jóvenes, vayan a la universidad o no, estudien ingeniería o no, hay ciertas habilidades transversales que vale la pena que

trabajen siempre: el autoconocimiento, la proactividad, el inglés, la tecnología, la oratoria y redacción, la negociación, el marketing, las ventas y finanzas personales.

- La universidad ha dejado de tener un fin en sí mismo en el que se consigue un título para ejercer una profesión. Es una etapa muy especial en la que además de conseguir dicho título y a priori aspirar a mejores trabajos y salarios, se establecen relaciones especiales uno se prepara para la vida real de una manera más cómoda y progresiva. Así que se ha de aprovechar.
- Se trata ante todo de dar información y herramientas a los jóvenes para que aquellos para quienes tenga sentido realizar una ingeniería lo haga y que ello contribuya a una vida satisfactoria para sí mismos y que así nuestra sociedad tenga cada vez a más personas conscientes, responsables y satisfechas con sus decisiones y sus vidas.

Me gustaría cerrar la ponencia con el concepto de **la universidad como alma mater**, al cual se hace mención a menudo en el mundo anglosajón cuando se refieren a la universidad en la que un profesional se formó. El alma mater es la buena madre de familia que procura alimentar a sus hijos de modo que crezcan sanos y fuertes, es la que los protege. En el plano intelectual, la universidad debe ocupar ese papel protector. Como decía el programa de la Institución Libre de Enseñanza a finales del XIX, la educación debe, además de facilitar una formación profesional, de preparar científicos, literatos, abogados, médicos, ingenieros… pero sobre eso, y antes que todo eso, personas capaces de concebir un ideal, de gobernar con sustantividad su propia vida y de producirla mediante el armonioso consorcio de todas sus facultades.

Esto es lo que yo deseo para los jóvenes cuando elijan ir a la universidad a estudiar ingeniería (o no). Que esa etapa los prepare para la vida, que ellos sean actores principales y que las personas que tenemos más experiencia contribuyamos a ello porque así estaremos creando una sociedad de personas responsables y satisfechas.

Agradecimientos

Me gustaría dar las gracias a la Fundación Bertelsmann y en particular a Juan José Juárez por haberme facilitado la tarea de identificar fuentes y estudios fiables en relación con el tema de cómo fomentar la vocación de ingeniería entre los jóvenes.

También quisiera agradecer a los escritores, orientadores, psicólogos, coaches, profesores, funcionarios, bloggers, youtubers profesionales y voluntarios que trabajan y se esfuerzan para que los jóvenes (y los no tan jóvenes) puedan recibir una mejor orientación para su vida y futuro profesionales. Estoy convencida de que esta labor, casi inexistente hace veinte años, contribuye a crear ciudadanos más responsables y satisfechos.

Bibliografía

- Estudio Digital ES EL DESAFÍO DE LAS VOCACIONES STEM - Por qué los jóvenes españoles descartan los estudios de ciencia y tecnología, 2019.
- https://www.stem.org.uk/stem-careers
- https://www.ingite.es/mujeres-con-estudios-stem-en-espana
- Estado del mercado laboral en España, Infojobs-ESADE, 2018.
- Web de la Fundación Bertelsmann. A destacar "¿Cómo orientar profesionalmente a tu hijo? Manual práctico para padres", elaborado precisamente en colaboración con la Universidad Pontificia Comillas.
- Web de la Fundación Junior Achievement.
- https://singularity-experts.com/
- https://www.mywaypass.com/auth/register
- Big Magic: creative living beyond fear, Elizabeth Gilbert, 2015.
- Working Identity: Unconventional Strategies for Reinventing Your Career, Herminia Ibarra, 2005.
- Lean In, Sheryl Sandberg, 2013.
- Invierte en ti, Natalia de Santiago, 2021.
- Blog Vivir al Máximo.
- Podcast Pourquoi pas moi? (en francés)

Carmen Rider se formó como ingeniera industrial entre Madrid y Paris, en ICAI y l'École Centrale Paris, obteniendo un doble diploma de ambas escuelas. También realizó un MBA en la Indian School of Business, gracias a una beca de la Caixa.

A lo largo de los años ha trabajado en la gestión de proyectos y el desarrollo de negocios con una alta componente internacional. Su carrera abarca diversos sectores con foco en la sostenibilidad, las energías renovables y las ciudades inteligentes.

Ha trabajado y vivido en Francia, Chile, la India y distintas ciudades de España. Habla inglés, francés, español y catalán y posee gran facilidad para las relaciones interculturales.

Actualmente vive en Barcelona y trabaja como Key Account Manager para Wellness TechGroup, empresa de tecnología para ciudades inteligentes.

Más allá de la ingeniería le apasiona la literatura infantil. Ha escrito una veintena de cuentos para niños y contados cientos de miles gracias a sus hijos mellizos de seis años, quienes siempre, siempre quieren escuchar un cuento más.

Mesa 1 / Ponencia 3

LAS ASOCIACIONES DE INGENIEROS EN EL FOMENTO DE LAS VOCACIONES HACIA LA INGENIERÍA

José Javier San Martín. *Profesor titular. Universidad Rey Juan Carlos.*

Antonio Arenas Alonso. *Profesor jubilado. Universidad Pontificia Comillas.*

José Ramón Aranda. *Coordinador formación continua y transversal. Instituto Ingeniería de España.*

1. Introducción

Es claro y documentado [UEC17-18], que la matrícula de alumnos universitarios de Grado y 1º y 2º ciclo en ingeniería se reduce de manera sistemática curso tras curso, estando siempre por debajo de las demandas de los distintos sectores [PWC-Siemens 2030]. Por otro lado, son numerosos los esfuerzos que en los ámbitos económicos y sociales se están planteando para mejorar la industrialización de nuestro país, hecho que claramente demanda profesionales formados en el campo de la ingeniería.

Así, en estos momentos de nuestro desarrollo económico y social son muchas las voces autorizadas que reclaman un incremento en el número de profesionales en las ramas agrupadas bajo los acrónimos STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) o CTIM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas), así podemos citar:

- La UE en la **Agenda de Capacidades Europea para la competitividad sostenible, la equidad social y la resiliencia**, establece en su acción 7: *"Aumentar el número de titulados en CTIM y fomentar las capacidades emprendedoras y transversales."* [COM2020-274 final].
- En el informe **Infojobs-ESADE de 2020**, el profesor Marc Torrens escribe: *"Se necesitarán profesionales STEM (science, technology, engineering and math) que entiendan de estrategia de negocio, y profesionales de negocio que entiendan el valor de la datificación en los nuevos modelos de negocio."* [InfoEsade2020].
- El informe de la CRUE, **La universidad española en cifras 2017/2018**, al referirse a las titulaciones STEM, apostilla: *"La presencia en una determinada socie-*

> *"Se necesitarán profesionales STEM que entiendan de estrategia de negocio, y profesionales de negocio que entiendan el valor de la datificación..."*

dad de personas con formación universitaria en estas disciplinas supone una garantía para poder asegurar su bienestar y, en consecuencia, es en parte responsabilidad de las autoridades educativas facilitar que los tamaños de los flujos de entrada y salida estén alineados con las necesidades que manifieste el tejido productivo." [UEC17-18].

- El informe PWC-Siemens, **Claves e inversiones estratégicas para una España 5.0**. plantea: *"Entre las diez áreas funcionales con mayor escasez de talento, diez están relacionadas, de una forma u otra, con las habilidades STEM, siendo la primera la tecnología de la información y las telecomunicaciones, con la ingeniería y el big data en la tercera y quinta posición, respectivamente. Y puntualiza más adelante: A pesar de la creciente demanda de profesionales con perfiles STEM, en nuestro país todavía nos encontramos con un bajo porcentaje de estudiantes en este tipo de disciplinas, lo que dificulta que las empresas puedan encontrar candidatos con formación en estas materias. De acuerdo con DigitalES, se estima que hay aproximadamente 10.000 vacantes en el sector tecnológico en España por falta de cualificación en estas disciplinas."* [PWC-Siemens 2030].
- El informe del McKinsey **Global Institute, 2020, The future of work in Europe,** recoge: *"A largo plazo, todos los países de Europa debe asegurarse de que su sistema educativo esté preparando a los estudiantes para tener éxito, con especial énfasis en las habilidades requeridas para trabajos en demanda, como habilidades STEM."* [McKinsey2020].
- El estudio del DTI publicado por la UE en 2016, **Does the EU need more STEM graduates?** Afirma que: *"Los datos analizados sobre la oferta y demanda actuales de habilidades STEM indican que no hay escasez cuantitativa generalizada de estas habilidades a nivel agregado de la UE. Sin embargo, existen escaseces, desajustes y cuellos de botella geográficamente definidos, en particular en ingeniería y TIC."* [DTI2015].
- El documento **España 2050, Fundamentos y propuestas para una estrategia nacional a largo plazo,** en su desafío Conquistar la vanguardia educativa, plantea que en el medio y largo plazo: *"Los estudiantes tendrán que aprender a trabajar con las máquinas y no a competir contra ellas lo que exigirá un mayor conocimiento en ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM)"*, y más adelante al plantear objetivos para **tener una fuerza laboral bien formada**, formula el objetivo 14: *"Acabar con las brechas de género que se detectan en los ciclos formativos de FP y grados universitarios, particularmente en aquellos del ámbito STEM"*. [España2050].

La presente ponencia pretende reflejar la importancia y necesidad de promover las vocaciones hacia la ingeniería en el proceso de formación de los profesionales que han de ejercer en el futuro inmediato de nuestras empresas.

Tras ofrecer estadísticas del comportamiento de la masa estudiantil, se proponen actividades que, desarrolladas por diversos agentes sociales, podrían ayudar a mejorar el número de alumnos que, al decidir sobre su futuro profesional, elijan profesiones del ámbito STEM y particularmente ingenieriles.

En el desarrollo de estas actividades, que son propuestas sin carácter excluyente, se anima a la participación de las Asociaciones de Ingeniería tanto de los profesionales con titulación de Grado y equivalentes (INGITE) como de Máster y equivalentes (IIE), planteando en su descripción el papel que estas u otras organizaciones deberían jugar en su realización. Como muestra de ello se ofrecen los resultados obtenidos durante los cursos 2019-20 y 2020-21 en algunas de esta actividades impulsadas y realizadas desde el Comité de Universidades, Formación y Empresa del IIE.

2. Análisis realizados

2.1. LA SITUACIÓN ACTUAL EN ESPAÑA

El cuadro 1, tomado del informe de la CRUE [UEC17-18] referido al año 2017, nos muestra la comparación de los estudiantes universitarios del entorno STEM entre diversos países de la UE y la media de ésta referido a los datos de Eurostat. Así, según este informe: *La dimensión de la matrícula de las enseñanzas STEM en la universidad española es inferior a la media de los países de la Unión Europea Observando la situación de las enseñanzas de grado STEM en otros sistemas universitarios, aunque los datos disponibles por EUROSTAT9 no registran una clasificación de la matrícula que permita identificar plenamente con estudiantes STEM, la información recogida en el Cuadro 3.01 muestra con claridad la distancia que separa nuestro Sistema Universitario de la media de la UE (casi 5 puntos). Esta distancia resulta ampliamente superada cuando consideramos los valores alcanzados, para el conjunto de estas enseñanzas, por Reino Unido (7,1 puntos) o Alemania (14,1 puntos).*

Cuadro 1. Comparación internacional siguiendo la división del conocimiento en grandes áreas utilizada por EUROSTAT. Año 2017.Fuente: La universidad española en cifras. 2017/2018. [UEC17-18].

Área de conocimiento	Puntos porcentuales con respecto al total del Sistema Universitario					
Ciencias naturales, matemáticas y estadística	10,3	11,4	7,8	16,6	6,6	8,6
Tecnologías de la información y comunicación	6,8	3,0	1,6	4,5	3,3	4,4
Ingeniería, manufactura y contrucción	20,4	10,8	15,8	9,4	13,6	15,1
Total STEM	**37,5**	**25,5**	**25,5**	**30,5**	**23,4**	**28,1**
	Alemania	Francia	Italia	R. Unido	España	Media UE

Considerando la diversidad de Grados y Másteres que actualmente se imparten en las universidades españolas, el área de conocimiento ingeniería, manufactura y construcción no puede considerarse en estos momentos como el indicador específico de las ingenierías, de forma que cuando se habla de vocaciones hacia la ingeniería debe considerarse que el concepto ingeniería va más allá de las tradicionales existentes en España, identificadas institucionalmente en el Instituto de la Ingeniería de España (IIE) y en el Instituto de Graduados e Ingenieros Técnicos de España (INGITE). Por ello cuando nos referimos a Ingeniería en este artículo consideraremos conjuntamente el área de conocimiento Ingeniería, manufactura y construcción y la de Tecnologías de la información y comunicación[1].

Un detalle de la evolución del alumnado en las ramas de conocimiento según nuestro sistema universitario se muestra en el cuadro 2, el cual según el citado informe: El comportamiento académico de los estudiantes STEM es deficiente en relación con el del conjunto de los estudiantes universitarios de grado, lo que reduce la eficiencia del sistema en la generación de profesionales en estas enseñanzas.

[1] En la legislación académica española las enseñanzas universitarias actualmente están agrupadas en cinco ramas de conocimiento: Artes y humanidades, Ciencias, Ciencias de la salud, Ciencias sociales y jurídicas e Ingeniería y Arquitectura. Sin embargo, el Proyecto de Real Decreto XXXX/2021, de XX de mayo de 2021, por el que se establece la organización de las enseñanzas universitarias y del procedimiento de aseguramiento de su calidad propone la sustitución de estas ramas por 28 ámbitos del conocimiento a los que se deberán adscribir las diversas titulaciones. En la lista de dichos ámbitos podrían ser reconocidos como propios de la ingeniería: Ingeniería eléctrica e ingeniería de la telecomunicación; Ingeniería industrial, ingeniería mecánica, ingeniería automática e ingeniería de la navegación; Ingeniería informática y de sistemas; Ingeniería química, ingeniería de los materiales e ingeniería del medio natural. Por otro lado, en el caso de las ingenierías como profesión, aparece la cuestión, no irrelevante desde el punto de vista profesional de los dos niveles de cualificación profesional asociados a los egresados en Grado y a los egresados en Máster.

Cuadro 2. Alumnos de Nuevo Ingreso, Total Matrícula, Tasa Bruta de Abandono Global, Tasa de Cambio Global y Alumnos Egresados de las Enseñanzas STEM y Total enseñanzas de Grado. Curso académico 2016/17 y cohorte de entrada 2012/13. Fuente: La universidad española en cifras. 2017/2018. [UEC17-18].

	Física, Química y Geología	Matemáticas y Estadística	Informática	Ingeniería	**Total STEM**	**Total EEUU Grado**	**STEM / EEUU Grado**
1.1. UU. Púb. Presenc. Alumnos de Nuevo Ingreso	7.074	2.781	9.447	32.142	51.444	235.807	21,82
1.2. UU. Púb. Prersenc.Total Matrícula	28.368	9.657	34.109	133.598	205.732	962.372	21,38
1.3.UU.Púb.Presenc. Tasa Bruta de Abandono Global	36,50	41,15	43,42	35,34		27,36	
1.4. UU. Púb. Presenc. Tasa de Cambio Global	18,99	23,65	17,23	19,03	12,63	12,63	12,63
1.5.UU. Púb. Presenc. Alumnos Egresados	3.751	1.088	3.499	17.912	26.250	152.082	17,26
2.1. UU. Priv. Presenc. Alumnos de Nuevo Ingreso	145	0	671	2.009	2.825	38.007	7,43
2.2. UU. Priv. Presenc.Total Matrícula	494	0	2.057	6.742	9.293	130.539	7,12
2.3. UU. Priv. Presenc. Tasa Bruta de Abandono Global	31,03		31,59	22,52		19,76	
2.4. UU. Priv. Presenc. Tasa de Cambio Global	10,34	0	7,42	12,33			
2.5. UU. Priv. Presenc.Alumnos Egresados	55	0	250	1.316	1.621	23.856	6,79
3.1. UU. Presenciales: Alumnos de Nuevo Ingreso	7.219	2.781	10.118	34.151	54.269	273.814	19,82
3.2. UU. Presenciales: Total Matrícula	28.862	9.657	36.166	140.340	215.025	1.092.911	19,67
3.3. UU. Presenc. Tasa Bruta de Abandono Global	36,46	41,15	42,48	34,59		26,49	
3.4. UU. Presenciales: Tasa de Cambio Global	18,93	23,65	16,46	18,64		12,23	
3.5. UU. Presenciales: Alumnos Egresados	3.806	1.088	3.749	19.228	27.871	175.938	15,84
4.1.UU. Púb. No Presenc. Alumnos de Nuevo Ingreso	1.427	1.107	1.941	1.823	6.298	48.733	12,92
4.2. UU. Púb. No Presenc. Total Matrícula	2.968	1.967	4.360	3.712	12.987	136.725	9,50
4.3. UU. Púb. No Presenc. Tasa Bruta de Abandono Global	68,74	67,02	74,02	82,22		65,20	
4.4. UU. Púb. No Presenc. Tasa de Cambio Global	15,29	17,48	12,14	18,61		10,90	
4.5. UU. Púb. No Presenc. Alumnos Egresados	33	30	32	23	118	5.165	2,28
5.1.UU. Priv. No Presenc. Alumnos de Nuevo Ingreso	0	0	1.407	442	1.849	18.441	10,03
5.2 UU. Priv. No Presenc. Total Matrícula	0	0	3.882	1.310	5.192	54.405	9,54
5.3. UU. Priv. No Presenc. Tasa Bruta de Abandono Global			57,46	52,31		48,53	
5.4. UU. Priv. No Presenc. Tasa de Cambio Global	0	0	11,45	11,85		9,43	
5.5. UU. Priv. No Presenc.Alumnos Egresados	0	0	193	45	238	5.441	4,37
6.1. UU. No Presenciales: Alumnos de Nuevo Ingreso	1.427	1.107	3.348	2.265	8.147	67.174	12,13
6.2.UU. No Presenciales: Total Matrícula	2.968	1.967	8.242	5.022	18.179	191.130	9,51
6.3. UU. No Presenciales: Tasa Bruta de Abandono Global	68,74	67,02	69,98	78,47		62,07	
6.4. UU. No Presenciales: Tasa de Cambio Global	15,29	17,48	11,97	17,76		10,62	
6.5.UU. No Presenciales: Alumnos Egresados	33	30	225	68	356	10.606	3,36

	Física, Química y Geología	Matemáticas y Estadística	Informática	Ingeniería	Total STEM	Total EEUU Grado	STEM / EEUU Grado
7. TOTAL SISTEMA UNIVERSITARIO							
7.1. Alumnos de Nuevo Ingreso	8.646	3.888	13.466	36.416	62.416	340.988	18,30
7.2. Total Matrícula	31.830	11.624	44.408	145.362	233.204	1.284.041	18,16
7.3. Tasa Bruta de Abandono Global	40,73	46,54	49,93	37,42		33,32	
7.4. Tasa de Cambio Global	18,45	22,37	15,24	18,58		11,92	
7.5. Alumnos Egresados	3.839	1.118	3.974	19.296	28.227	186.544	15,13
8. PORCENTAJE UU.PÚBLICAS PRESEN./SUE							
8.1. Alumnos de Nuevo Ingreso	81,82	71,53	70,15	88,26	82,42	69,15	
8.2. Total Matrícula	89,12	83,08	76,81	91,91	88,22	74,95	
8.3. Alumnos Egresados	97,71	97,32	88,05	92,83	93,00	81,53	

El citado informe también analiza la evolución del alumnado de nuevo ingreso en los grados STEM entre los cursos académicos 2007/08 y 2017/18, (cuadro 3 - ver pags. 48 y 49) según el cual La evolución más reciente de la incorporación de alumnos a las enseñanzas que integran el ámbito académico STEM, salvo las enseñanzas de Ciencias y Matemáticas, no da signos de reaccionar a la demanda creciente que la sociedad tiene de profesionales con estas cualificaciones académicas.

Otros datos sobre las necesidades de las profesiones STEM los encontramos en el informe *Claves e inversiones estratégicas para una España 5.0. Hacia una economía más competitiva y sostenible en 2030 [PWC-Siemens 2030]*, según el cual:

En 2019, un 40% de las ofertas del empleo ofertado para titulados universitarios requerían de estudios en ingeniería o ciencias, y casi un 30% de las ofertas para titulados en FP, medio o superior, requerían conocimientos en electrónica, informática y mecánica, tal y como muestra la figura 60 y la figura 61.

En 2019, más de un 80% de las empresas españolas reconocieron tener dificultades para cubrir determinadas vacantes de empleo. Entre las diez áreas funcionales con mayor escasez de talento, todas están relacionadas, de una forma u otra, con las habilidades STEM, siendo la primera la tecnología de la información y las telecomunicaciones, con la ingeniería y el big data en la tercera y quinta posición, respectivamente.

El número de matriculados en grados en carreras STEM en el curso 2018-2019 fue de algo más de 300.000 estudiantes, una cifra que representa menos del 25% del total de alumnos de grado matriculados durante ese curso. Disciplinas concretas como ingeniería o arquitectura supusieron un 12,8% del total de alumnos matriculados, en las que, además, la tasa de ocupación - el porcentaje de plazas ofertadas cubiertas-, se situó en el 82,2% durante ese curso, lo que indica que no se llegaron a cubrir todas las plazas vacantes.

Así, por ejemplo, los matriculados en ingenierías descendieron casi un 2% en los últimos cuatro años, y en arquitectura y construcción un 21%. Por el contrario, los matriculados en informática crecieron un 17,5%, y en matemáticas y estadística casi un 30%.

La ausencia de perfiles STEM es incluso más grave en el caso de las mujeres, por lo que se habla ya de la existencia de brecha de género en las disciplinas y profesiones STEM debido a la infrarrepresentación de las mujeres en estos ámbitos.

Durante el curso 2018-2019 aproximadamente tres de cada diez estudiantes matriculados en grados STEM fueron mujeres, una cifra especialmente baja si se compara con otras ramas de enseñanza como ciencias de la salud y servicios sociales, donde siete de cada diez fueron mujeres[2].

En relación con la situación planteada no debe ocultarse la dificultad que presentan los estudios de in-

[2] Ministerio de Universidades

geniería en comparación con las otras ramas de conocimiento, así según el informe de Indicadores Universitarios de Rendimiento Académico en el curso 2018-19 del Sistema Integrado de Información Universitaria (SIIU) *"La distribución porcentual de los créditos matriculados atendiendo al número de veces que los estudiantes de Grado se han matriculado de los mismos es de un 86,2% en primera matrícula, un 9,6%, de segunda matrícula y de un 4,2% en terceras y sucesivas matrículas. En relación con el ámbito de estudio se puede observar que los estudiantes de Ingeniería, industria y construcción y los de Informática son los que presentan mayor porcentaje de segundas y sucesivas matriculas mientras que los estudiantes de los ámbitos de Educación y de Salud y servicios sociales están en el extremo opuesto."* [SIIUREN18-19].

Por otro lado, nos parece relevante comparar las vocaciones hacia las profesiones ingenieriles y STEM en el nivel universitario con las vocaciones en los niveles inferiores, resultando de interés la información que sobre la distribución por campo de estudios de los nuevos estudiantes en educación terciaria de ciclo corto (**FPGS**) en 2018, según la OCDE en su informe anual [Panorama 2020] *"El campo de estudios con mayor porcentaje de nuevos estudiantes en educación terciaria de ciclo corto en España es el de STEM con un 29,0 %, seguido de ciencias empresariales, administración y derecho con 19,3 % y salud y bienestar con 16,9 %. En la media OCDE también se sigue este mismo orden mientras que en la media UE23 el programa con mayor porcentaje de estudiantes entrantes es ciencias empresariales, administración y derecho, seguido de las STEM y salud y bienestar. Los sistemas educativos de Noruega, Italia o México se caracterizan por la apuesta por este campo para los ciclos cortos de educación terciaria, pues más del 50 % de los estudiantes elige este ámbito como campo de estudios"*. Un aspecto de muchísimo interés radica en aprovechar este interés vocacional en el nivel de FPGS por los estudios STEM para facilitar su acceso a los niveles universitarios mediante una **conexión natural y razonable** entre la universidad y la Formación profesional.

Por último, nos parece de interés aportar las conclusiones del artículo publicado en 2016 en la revista electrónica Educare [EDUC16] sobre la elección de estudio superiores universitarios en estudiantes de último curso de **bachillerato y ciclos formativos de grado superior de Granada**: *"Como principales conclusiones de este estudio extraemos que las titulaciones de medicina, magisterio e ingenierías son las más demandadas sin limitación mientras que con limitación cambia medicina por enfermería; asimismo el alumnado de último curso de Granada tenía una nota media de notable, los varones se decantan más por los ciclos formativos, presentando peores calificaciones, y las mujeres prefieren el bachillerato, con notas medias ligeramente superiores como ha quedado reflejado en el estudio, del mismo modo queda constatada la influencia que tienen las calificaciones académicas, la rama de estudios y el género en la elección de titulación con limitación o sin tal, así ellas se postulan por carreras de carácter más altruista en grados de ciencias de la salud y sociales y con notas más altas mientras que los estudiantes masculinos prefieren titulaciones más técnicas y con peores calificaciones.*

Este tipo de estudio pone de manifiesto la necesidad de **involucrar la figura del orientador u orientadora** *como aspecto esencial en el estudiantado para su devenir formativo y laboral futuro."*

Como resumen podemos tomar las conclusiones expuestas en el documento ya citado de la CRUE:

1. La demanda de matrícula de enseñanzas STEM se sitúa en el Sistema Universitario Español ***cinco puntos porcentuales*** *por debajo de la media de la Unión Europea. Distancia que resulta ampliamente superada, cuando consideramos los valores alcanzados para el conjunto de estas enseñanzas, por Reino Unido (7,1 puntos) o Alemania (14,1 puntos).*

2. Las enseñanzas STEM registran ***elevadas tasas brutas de abandono*** *global que van del 37,4% al 49,9%. La tasa bruta de eficiencia (egresados sobre alumnos de nuevo ingreso) del curso académico 2016/17 es para las enseñanzas STEM del 45,2%, frente al 54,7% que alcanza el total del SUE.*

3. La evolución de la demanda correspondiente a las enseñanzas de grado en los cursos académicos más recientes experimenta una ***caída superior (-6,1%) a la anotada por el conjunto de las enseñanzas (-4,4%)****, lo que sin duda viene a empeorar los déficits presentes y futuros que tiene la sociedad española de estas cualificaciones profesionales.*

Cuadro 3. Detalle por titulaciones de la matrícula de nuevo ingreso en los grados STEM, por género. Cursos académicos 2007/08 a 2017/18. Fuente: La universidad española en cifras. 2017/2018. [UEC17-18].

	2007/08	2013 - 2013/14		2016 - 2016/18	
	Total	Hombre / Mujer	Total	Hombre / Mujer	**Total**
Bioquímica	416	314 / 523	837	310 / 626	936
Biotecnología	410	453 / 662	1.115	517 / 793	1.310
Química	2.298	1.487 / 1.570	3.057	1.540 / 1.649	3.189
Física	1.085	1.478 / 507	1.985	1.488 / 593	2.081
1. TOTAL CIENCIAS	**4.209**	**3.732 / 3.262**	**6.994**	**3.855 / 3.661**	**7.516**
Matemáticas	992	1.230 / 785	2.015	1.289 / 865	2.154
Estadística	343	265 / 143	408	270 / 191	461
2.TOTAL MATEMÁTICAS	**1.335**	**1.495 / 928**	**2.423**	**1.559 / 1.056**	**2.615**
Desarrollo de software y de apps	2.618	783 / 82	865	788 / 77	865
Ingeniería de computadores	0	533 / 52	585	503 / 63	566
Desarrollo de videojuegos	0	48 / 11	59	147 / 23	170
Ingeniería multimedia	0	119 / 27	146	131 / 37	168
Informática	5.163	6.352 / 867	7.219	6.681 / 828	7.509
3.TOTAL INFORMÁTICA	**7.781**	**7.835 / 1.039**	**8.874**	**8.250 / 991**	**9.241**
Ingeniería de sonido e imagen	664	517 / 202	719	514 / 132	646
Ingeniería de telecomunicación	3.574	2.084 / 518	2.602	2.203 / 490	2.693
4.TOTAL TELECOMUNICACIONES	**4.238**	**2.601 / 720**	**3.321**	**2.717 / 622**	**3.339**
Ingeniería química industrial	2.516	1.452 / 1.062	2.514	1.325 / 1.088	2.413
Ingeniería medioambiental	0	85 / 89	174	119 / 107	226
Ingeniería de la energía	171	452 / 212	664	484 / 165	649
Ingeniería eléctrica	0	1.645 / 238	1.883	1.523 / 250	1.773
Ing. elect. industrial y automática	4.534	2.510 / 406	2.916	2.647 / 441	3.088
Ingeniería en electrónica	0	1.239 / 194	1.433	987 / 173	1.160
Ing. en diseño Ind. y des. del prod.	827	634 / 578	1.212	601 / 583	1.184
Ing. en tecnologías industriales	4.157	2.520 / 850	3.370	2.550 / 752	3.302
Ingeniería mecánica	4.036	3.708 / 509	4.217	3.489 / 529	4.018
Ingeniería aeronáutica	1.140	1.056 / 326	1.382	1.082 / 349	1.431
Ingeniería del automóvil	0				
Ingeniería naval y oceánica	849	763 / 150	913	516 / 124	640
Ing. de organización industrial	843	418 / 222	640	432 / 193	625
Ingeniería alimentaria	0	75 / 87	162	70 / 78	148
Ingeniería de materiales	127	234 / 67	301	260 / 70	330
Ingeniería de minas y energía	416	491 / 169	660	295 / 99	394
Ingeniería civil	3.710	2.531 / 870	3.401	1.278 / 443	1.721
Ing. agraria y agroalimentaria	777	593 / 286	879	548 / 268	816
Ing. agrícola, agro. y m. rural	768	723 / 313	1.036	557 / 257	814
Ingeniería forestal y montes	580	525 / 142	667	350 / 108	458
Ingeniería Matemática	0	73 / 55	128	72 / 53	125
5.TOTAL INGENIERÍA	**25.451**	**21.727 / 6.825**	**28.552**	**19.185 / 6.130**	**25.315**
6. TOTAL STEM	**43.014**	**37.390 / 12.874**	**50.264**	**35.566 / 12.460**	**48.026**
7. TOTAL EE. UU. GRADO	**204.556**	**102.046 / 115.834**	**217.880**	**97.144 / 114.302**	**211.446**

2017 - 2017/18 Hombre / Mujer	**Total**	(%) Var. 2017/13 **Total**	(%) Var. 2017/13 Hombre / Mujer	**Total**	2017/18 Mujer/**Total**
305 / 638	943	126,68	-2,87 / 21,99	12,66	67,66
504 / 791	1.295	215,85	11,26 / 19,49	16,14	61,08
1.464 / 1.623	3.087	34,33	-1,55 / 3,38	0,98	52,58
1.421 / 674	2.095	93,09	-3,86 / 32,94	5,54	32,17
3.694 / 3.726	**7.420**	**76,29**	**-1,02 / 14,22**	**6,09**	**50,22**
1.370 / 959	2.329	134,78	11,38 / 22,17	15,58	41,18
271 / 237	508	48,10	2,26 / 65,73	24,51	46,65
1.641 / 1.196	**2.837**	**112,51**	**9,77 / 28,88**	**17,09**	**42,16**
774 / 125	899	-65,66	-1,15 / 52,44	3,93	13,90
567 / 61	628		6,38 / 17,31	7,35	9,71
219 / 36	255		356,25 / 227,27	332,20	14,12
153 / 60	213		28,57 / 122,22	45,89	28,17
6.643 / 997	7.640	47,98	4,58 / 14,99	5,83	13,05
8.356 / 1.279	**9.635**	**23,83**	**6,65 / 23,10**	**8,58**	**13,27**
440 / 144	584	-12,05	-14,89 / -28,71	(18,78)	24,66
2.113 / 528	2.641	-26,11	1,39 / 1,93	1,50	19,99
2.553 / 672	**3.225**	**-23,90**	**-1,85 / -6,67**	**(2,89)**	**20,84**
1.275 / 946	2.221	-11,72	-12,19 / -10,92	(11,65)	42,59
134 / 102	236		57,65 / 14,61	35,63	43,22
518 / 149	667	290,06	14,60 / -29,72	0,45	22,34
1.361 / 220	1.581		-17,26 / -7,56	(16,04)	13,92
2.590 / 463	3.053	-32,66	3,19 / 14,04	4,70	15,17
850 / 177	1.027		-31,40 / -8,76	(28,33)	17,23
633 / 520	1.153	39,42	-0,16 / -10,03	(4,87)	45,10
2.474 / 769	3.243	-21,99	-1,83 / -9,53	(3,77)	23,71
3.323 / 485	3.808	-5,65	-10,38 / -4,72	(9,70)	12,74
1.122 / 372	1.494	31,05	6,25 / 14,11	8,10	24,90
89 / 5	94				5,32
490 / 123	613	-27,80	-35,78 / -18,00	(32,86)	20,07
379 / 253	632	-25,03	-9,33 / 13,96	(1,25)	40,03
77 / 92	169		2,67 / 5,75	4,32	54,44
229 / 73	302	137,80	-2,14 / 8,96	0,33	24,17
306 / 100	406	-2,40	-37,68 / -40,83	(38,48)	24,63
1.097 / 381	1.478	-60,16	-56,66 / -56,21	(56,54)	25,78
487 / 213	700	-9,91	-17,88 / -25,52	(20,36)	30,43
535 / 217	752	-2,08	-26,00 / -30,67	(27,41)	28,86
293 / 100	393	-32,24	-44,19 / -29,58	(41,08)	25,45
35 / 26	61		-52,05 / -52,73	(52,34)	42,62
18.297 / 5.786	**24.083**	**-5,38**	**-15,79 / -15,22**	**(15,65)**	**24,03**
34.541 / 12.659	**47.200**	**9,73**	**-7,62 / -1,67**	**(6,10)**	**26,82**
94.199 / 114.020	**208.219**	**1, 1,79**	**-7,69 / -1,57**	**(4,43)**	**54,76**

*5. Las titulaciones de la rama de **Ingeniería**, en su conjunto, han experimentado una **disminución del -15,6%** en el periodo más reciente, con retrocesos que superan el 60% para la Ingeniería Civil y con descensos destacados en las titulaciones de la Ingeniería Industrial. La matrícula de nuevo ingreso de las enseñanzas TIC, aunque han registrado aumentos del 15,3% en los últimos años, no resulta tranquilizadora por las elevadas tasas de abandono que año tras año anotan estas titulaciones.*

*6. **Ni la estrechez ni la lejanía de la oferta** de las enseñanzas STEM son la causa explicativa de la atonía que viene observándose en su demanda, dado que todas las universidades públicas presenciales ofertaron enseñanzas de la rama de Ingeniería en el curso 2017/18 y, más concretamente, 45 de las 47 universidades públicas presenciales ofertaron la titulación de Ingeniería Informática en el mencionado curso académico.*

> ***Es necesario mejorar la orientación académica del acceso a la universidad, y promocionar la opción STEM***

*7. **Es necesario promover la opción de los estudiantes preuniversitarios de orientación a las ciencias; mejorar la orientación académica del acceso a la universidad, y promocionar la opción STEM, divulgando eficazmente sus niveles de inserción profesional y acceso a mejores rentas futuras.***

3. Planteamientos básicos para la promoción de vocaciones para la ingeniería.

a. Planteamientos pedagógicos. Atendiendo a las recomendaciones de la CRUE, planteamos promover las vocaciones hacia las materias STEM en general y hacia las ingenierías en particular en los niveles previos a la universidad, secundaria alta (ESO) y postsecundaria (Bachillerato y Formación Profesional), sin descartar actividades de primer contacto con las STEM en los últimos cursos de educación primaria.

En este sentido es conveniente resaltar que, si bien en el diseño del sistema educativo el camino principal para el acceso a la universidad es el Bachillerato, desde el punto de vista vocacional los alumnos al decidir sobre su futuro pueden encontrar en la Formación Profesional muchos elementos motivadores hacia las diversas especialidades de la ingeniería. Por otro lado habida cuenta que previo a la elección universitaria, los alumnos han de elegir el tipo de Bachillerato (Ciencias y Tecnología, Humanidades y Ciencias Sociales, Artes y General) que a su vez condicionará la elección del Grado universitario a realizar, parece conveniente adelantar al tercer-cuarto curso de ESO las actividades promoción que se puedan plantear. Hay que tener en cuenta que no existe en los planes de estudio de primaria y secundaria una asignatura llamada **ingeniería**, y por tanto muchos niños en estos ciclos de educación, no saben realmente qué es eso de ingeniería. Es una cuestión que debe ser contestada lo antes posible.

> ***adelantar al tercer-cuarto curso de ESO las actividades promoción***

Como ya se ha dicho la formación profesional con su carácter de formación aplicada, **aprender a hacer**, aporta a los alumnos conocimientos prácticos de las materias que pueden orientar su vocación, particularmente en el ámbito de las ingenierías, sin embargo

su conexión complicada y poco razonable y natural con la universidad, aparte de la escasa formación cultural y humanidades en sus planes de estudios, hacen que, en tanto no se corrijan estos defectos, sea este un camino poco atractivo para quienes aspiran a conseguir su cualificación de alto nivel en ingeniería, resultándoles más adecuado el camino del Bachillerato, para el cual se han preparado los planes de estudios de cualquiera de los múltiples Grados.

> ***orientar su vocación, particularmente en el ámbito de las ingenierías***

b. Actividades propuestas. En estos momentos del enorme peso de los sistemas multimedia y el tremendo impacto de las comunicaciones, son muy variadas las actividades que se pueden organizar para ayudar a los alumnos en la toma de unas decisiones que en muchos casos marcarán profundamente su desarrollo personal y profesional. Así, en este contexto de bombardeo a los jóvenes de información multimedia, los autores de esta reflexión proponemos dos líneas de actividades:

- Transmitir **experiencias personales** de quienes han transitado por los diversos caminos que han finalizado profesionalmente en la ingeniería. Para ello se proponen conferencias de ingenieros preferiblemente jóvenes, pero con una trayectoria profesional consolidada, que expongan a los alumnos su situación profesional actual y su proceso de decisión en la elección de su profesión. También es deseable la experiencia de estudiantes de ingeniería que puedan aportar una visión intermedia del camino a seguir, estando a su vez, más cercanos a la visión de los futuros estudiantes. Por otro lado, siempre que sea posible, todas las actividades deberían incluir ingenieros de ambos géneros, para dar una visión inclusiva de la ingeniería. El medio principal sería la videoconferencia sin excluir puntualmente la visita al aula, pero habida cuenta de las enormes ventajas que presenta la videoconferencia, tanto para los ponentes como para los centros, se considerará preferente este medio.
- Transmitir **experiencias físicas** de realizaciones ingenieriles que por su transcendencia sean fuente de enseñanza y estímulo hacia la profesión. Esta actividad focalizada en la visita de los alumnos a museos tecnológicos precisaría de una mayor conexión entre estas instituciones y las Escuelas de Ingeniería, de forma que alumnos y profesores de éstas se involucraran en el conocimiento y posibilidades de los equipos, así como en el acompañamiento y tutorización de los alumnos en sus visitas.

c. Público objetivo. El apoyo al alumnado en su decisión sobre su línea educativa y profesional en los centros educativos corresponde a los orientadores, y en última instancia al centro, por ello serán estos quienes decidirán los cursos que participan en cada una de las actividades. No obstante, y de acuerdo con la organización de nuestro sistema educativo, las diversas actividades estarían pensadas y recomendadas para alumnos de **3º-4º curso de ESO, FPGM, Bachillerato y FPGS.**

d. Organizaciones objetivo. Si bien son los centros educativos de los niveles y cursos referidos anteriormente las organizaciones objetivo de las diversas actividades a organizar, es claro que dado el elevado número de estos resulta imprescindible para un funcionamiento eficaz, que las entidades organizadoras de las actividades (asociaciones de ingenieros, universidades, escuelas de ingeniería, Administración educativa, museos tecnológicos etc.) tengan como interlocutores a agrupaciones de centros (asociaciones, federaciones y confederaciones de centros y/o de familiares de alumnos y de docentes) tanto de carácter público como privado.

Así, las entidades organizadoras tendrán un único interlocutor para un determinado colectivo de centros, de forma que actuando éste como entidad coordinadora transmita a la entidad organizadora y reciba de ésta toda la información concreta relativa a los eventos a realizar.

Por otro lado, siendo el problema de las vocaciones hacia la ingeniería del volumen e importancia reseñado en la introducción, es claro que la organización y gestión de estas actividades de promoción debería recaer en organizaciones de diversos rangos, siendo las asociaciones de ingenieros, las referidas en estas reflexiones, pero que deberían ser apoyadas y ayudadas por los diversos organismos públicos tanto de carácter autonómico (Consejerías de Educación

y otras) como nacional (Ministerios de Educación y de Universidades). Apoyo que debería traducirse no sólo en el reconocimiento de las labores realizadas, sino en su apoyo organizativo e incluso económico.

Dado que las videoconferencias (y quizá otras posibles actividades) permiten su impartición a cualquier distancia, es importante no pensar únicamente en centros y coordinadores del ámbito local o autonómico, sino también del ámbito nacional e incluso internacional siempre que los contenidos tengan interés para ellos.

> *es importante no pensar únicamente en [...] ámbito local o autonómico, sino también del ámbito nacional e incluso internacional*

e. Papel de las Asociaciones de Ingenieros. Como se ha dicho anteriormente, la elección por una profesión supone una decisión compleja para los jóvenes en proceso de formación, pues el concepto de vocación tiene muchos componentes, entre ellos y posiblemente el más relevante el asociado al conocimiento que el alumno tiene de las diversas profesiones, aparte de otros factores tanto personales (aptitudes y actitudes) como familiares (que en el fondo coadyuvan al conocimiento de la profesión). Es por ello que las asociaciones de ingenieros, en cualquiera de sus niveles, pueden cumplir con total eficacia y conocimiento la labor de información real y de transmisión de experiencias, a quienes tienen que decidir.

Por razones históricas, desde el punto de vista asociativo y más allá de sus competencias profesionales, los egresados en carreras de ingeniería están agrupados en dos grandes instituciones, de carácter nacional: el Instituto de Graduados en Ingeniería e Ingenieros Técnicos de España (**INGITE**)[3] y el Instituto de la Ingeniería de España (**IIE**)[4].

Considerando el carácter secuencial que, desde la implantación del plan Bolonia, tienen en España los estudios de ingeniería y el acceso al Máster se hace tras los estudios de Grado, siendo estos últimos los de primer acceso desde los estudios preuniversitarios, tiene el máximo sentido que en esa labor de fomento de vocaciones se involucren coordinadamente tanto las asociaciones de los profesionales de Grado y equivalente como las de Máster y equivalente.

En este sentido, y desde este foro hacemos una llamada a estas instituciones (INGITE e IIE) a que se unan en el desarrollo de las actividades que fomenten las vocaciones hacia la ingeniería[5]. Ante dificultades políticas para este entendimiento, a veces poco entendibles e incluso injustificables, acudimos al sentido común de las diversas especialidades de la ingeniería , para que de forma sectorial unan sus esfuerzos para ayudar a los futuros universitarios a elegir su profesión en esa especialidad de la ingeniería.

4. Plan de promoción de vocaciones para la ingeniería: propuestas

Como ya se ha dicho anteriormente son muchas las actividades que pueden realizarse para el fomento de vocaciones hacia la ingeniería, entre ellas y en coherencia con las propuestas conceptuales realizadas en 1.b, y sin ánimo limitador proponemos las siguientes actividades concretas, fruto de experiencias y propuestas actualmente en algunas comunidades educativas.

a. Charlas informativas en centros. Es ésta una de las más relevantes actividades para comunicar a los alumnos la experiencia de profesionales de la ingeniería, no sólo para transmitir los contenidos del

[3] INGITE. Instituto de Graduados en Ingeniería e Ingenieros Técnicos de España. https://www.ingite.es/

[4] IIE. Instituto de la Ingeniería de España. https://www.iies.es/

[5] Grados y Másteres y sus respectivos equivalentes del pasado: ICAI; Industriales; Navales; Aeronáuticos; Agrónomos y Agrícolas; Caminos, Obras Públicas y Topógrafos; Minas, Montes y Forestales, Informáticos y Telecomunicaciones entre otros.

[6] Según las tipologías de la UNESCO, los museos tecnológicos estarían dentro del grupo **Ciencia y Tecnología**.

trabajo habitual en esta profesión, sino y sobre todo los procesos de información y reflexión que llevaron a la decisión de estudiar ingeniería, por parte de las personas intervinientes.

La selección de los ponentes es un tema de gran importancia ya que aspectos tales como su juventud, su capacidad de transmitir sus dudas y errores, así como su satisfacción con el trabajo realizado resaltando algunos proyectos ilusionantes serán relevantes para tener éxito en la comunicación, y todo ello sin dejar de apostar por la **diversidad de género**, eligiendo entre los ponentes a mujeres y dejando claro que l**a ingeniería NO es una profesión de género masculino**.

Las experiencias comentadas más adelante nos hacen apostar por la videoconferencia como medio más relevante frente a las charlas presenciales en centros concretos, habida cuenta las enormes ventajas que representan aquellas tanto para la entidad organizadora, como para los ponentes, como para los centros participante e incluso para los alumnos destinatarios.

Cuestiones como el número de ponentes, el tiempo de duración, el reparto de tiempos entre los ponentes, a facilidad de atender preguntas de los alumnos (tanto durante como después a nivel privado), ello junto al tipo de plataforma utilizada y la posibilidad de visualizar en abierto la videoconferencia después de su realización, son cuestiones de gran importancia para el eficaz desarrollo de la actividad.

b. Museos tecnológicos[6]. Los museos junto a las bibliotecas han sido considerados desde siempre uno de los más importantes medios complementarios en el proceso educativo de niños y adultos. En España, si bien se mantiene un razonable sentido en el uso pedagógico de las bibliotecas, no sólo como espacio de trabajo y estudio, sino como lugar de consulta propiciado por los profesores en el proceso educativo, no sucede en igual medida con los museos, aunque según el Ministerio de Cultura *"Las actividades educativas tienen un gran peso en estas instituciones. El 64,8% ofrecen actividades de este tipo que se dirigen, en la mayor parte de los casos, a niños"* [ESTMUSR2018]. Pero en el caso de los museos tecnológicos únicamente se realizaron 38 actividades educativas de las 947 realizadas en todos los museos durante el año 2018, situándose únicamente por delante de los museos identificados como de *De Sitio* y los de *Artes Decorativas*.

Es en este contexto de poca relevancia de los museos tecnológicos en el que proponemos una mayor presencia de ellos en el proceso educativo de los jóvenes, actuando como elementos motivadores hacia la elección de las profesiones ingenieriles.

Es conveniente resaltar la importante función que en la comprensión de los principios y teorías cumplen los equipos antiguos (seccionados, desmontados o en funcionamiento con modernos sistemas de adquisición de datos), con muchas posibilidades de acceso a sus elementos internos y de más sencillo funcionamiento que los modernos equipos, sin embargo, las Escuelas que no pueden prescindir de los equipos modernos por razones obvias de actualización de la docencia, normalmente no disponen de espacios para conservar aquellos equipos antiguos, función propia de los museos. Una opción en estos casos es impulsar la virtualización de estos equipos, de manera que, por medio de simulaciones gráficas de su comportamiento, se pueda entender mejor su funcionamiento, haciendo que los niños puedan convertirse en operadores virtuales de los equipos. Evidentemente, este paso no es obvio y precisa de una inversión en tiempo y medios, pero, por otro lado, cualquier tecnología que pueda ser simulada mediante aplicaciones informáticas, será más amigable a las nuevas generaciones, objeto de estas iniciativas.

Según el cuadro 4 del Ministerio de Cultura [ESTMUSR2018], de los 1461 museos[7] declarados en España, únicamente 63 serían museos de ciencia y tecnología (el 4,3% del total) ocupando el noveno lugar entre las 13 tipologías, y uno de los 6 tipos que han experimentado crecimiento en número de los existentes en 2010, sin embargo, según la misma estadística (cuadro 11 de dicha estadística) estos museos son de los que menos fondos disponen (323 frente a los 48.464 del total), únicamente por delante de los museos de artes decorativas.

[6] Según las tipologías de la UNESCO, los museos tecnológicos estarían dentro del grupo **Ciencia y** Tecnología.

[7] En adelante incluimos bajo este nombre a las colecciones museísticas

Cuadro 4. Evolución de los museos y colecciones museísticas en España por tipología. Fuente: Ministerio de cultura. Estadística de museos y colecciones museográficas 2018. Principales resultados [ESTMUS2018]

	Valores absolutos					Distribución Porcentual				
	2010	**2012**	**2014**	**2016**	**2018**	**2010**	**2012**	**2014**	**2016**	**2018**
Total	**1.479**	**1.464**	**1.468**	**1.504**	**1.461**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**
Arqueológico	172	173	178	191	191	11,6	11,8	12,1	12,7	13,1
Arte Contemporáneo	130	126	131	134	133	8,8	8,6	8,9	8,9	9,1
Artes Decorativas	30	33	29	28	24	2,0	2,3	2,0	1,9	1,6
Bellas Artes	228	227	220	218	185	15,4	15,5	15,0	14,5	12,7
Casa-Museo	93	92	87	86	84	6,3	6,3	5,9	5,7	5,7
Ciencia y Tecnología	55	56	57	62	63	3,7	3,8	3,9	4,1	4,3
Ciencias naturales e Historia Natural	59	58	54	57	58	4,0	4,0	3,7	3,8	4,0
De Sitio	49	37	35	36	36	3,3	2,5	2,4	2,4	2,5
Especializado	147	140	144	152	156	9,9	9,6	9,8	10,1	10,7
Etnología y Antropología	256	262	261	262	250	17,3	17,9	17,8	17,4	17,1
General	142	144	138	141	134	9,6	9,8	9,4	9,4	9,2
Historia	108	111	129	133	145	7,3	7,6	8,8	8,8	9,9
Otros	10	5	5	4	2	0,7	0,3	0,3	0,3	0,1

Queremos resaltar aquí la carencia de **grandes museos de la ingeniería** en las principales capitales de provincia, al estilo de los que existen en las grandes ciudades europeas, aunque no dejan de ponerse en valor los diversos museos sectoriales (tales como el naval, del aire, ferrocarril) que existen en Madrid y en otras capitales, pero que precisarían de una mejor coordinación en orden a su aplicación en la generación de vocaciones hacia la ingeniería.

Conseguir un mayor y más eficaz servicio de los museos tecnológicos en relación con el fomento de vocaciones hacia la ingeniería, implicaría una decisión clara de apoyo por parte de los **Ministerios de Educación, Universidades, Industria y Ciencia e Innovación**, de forma que aportando cada de ellos sus potencialidades se consiguiera hacer de los museos tecnológicos un espacio de participación en la formación de los profesionales de la ingeniería, colaborando:

- El Ministerio de Industria incentivando y promoviendo entre las industrias la aportación de los equipos en desuso.
- Los Ministerios de Educación y Formación Profesional y Universidades promoviendo entre sus centros educativos la incorporación de los equipos existentes en los museos a sus procesos docentes y gestionando su uso, tanto en estudios secundarios como universitarios, además de impulsar proyectos de simulación informática del funcionamiento de equipos.

> ***...hacer de los museos tecnológicos un espacio de participación en la formación de los profesionales de la ingeniería...***

- el Ministerio de Ciencia e Innovación, a través de la Fundación Española para la Ciencia y Tecnología (FECYT)[8] la gestión y coordinación y con las otras instituciones y con el público objetivo para conseguir su función motivadora de vocaciones.

Promover la colaboración entre estas instituciones y participar en la configuración adecuada de los museos existentes y la creación de otros nuevos, bien podría ser una inmejorable función que realizar por las Asociaciones de Ingenieros tanto del INGITE como del IIE, a la que animamos a sus respectivas direcciones.

c. Campamentos tecnológicos de verano. En los últimos tiempos y en la época veraniega, han aparecido numerosas iniciativas para ocupar el tiempo libre de los estudiantes de secundaria, consistentes en la asistencia a los llamados campamentos de verano, que con carácter lúdico-educativo pretenden iniciar a los alumnos en actividades novedosas o complementarias, tales como conocimiento de la naturaleza e idiomas, pero también se han realizado experiencias de conocimiento de tecnologías, que en determinados niveles previos a la elección de estudios profesionalizantes, pueden ayudar a definir sus vocaciones.

Así, son numerosas las organizaciones que anuncian la realización de campamentos sobre robótica, informática, programación. Así se encuentran ofertas de universidades tales como:

- Politécnica de Madrid, con su programa Campus Tecnológico MAKE IT9 - E.T.S. de Ingenieros Informáticos.
- Carlos III de Madrid, a través de su programa TECNOCAMP UC3M10.
- Pontificia Comillas, a través de su programa Campus Tecnológico ICAI[11].

Una vez más proponemos la colaboración de las asociaciones de Ingenieros (INGITE e IIE) para colaborar con las Escuelas de Ingeniería y universidades en la proposición de temas y aportación de sus profesionales asociados en la realización de estas actividades que poco a poco van goteando motivación y estímulos a los jóvenes que en tiempos no lejanos han tomar decisiones sobre su futuro profesional, aparte de colaborar en esta que adicionalmente tiene una componente social al colaborar con padres y tutores en mantener ocupados y activos a los jóvenes.

d. Semana de la Ingeniería y de las profesiones STEM. Con la idea expresada de plantear posibles actividades que fomenten vocaciones hacia la ingeniería, sin carácter excluyente planteamos una cuarta actividad que cuenta con una experiencia previa muy fructífera en el mundo científico: La semana de la ciencia.

Según describe el CESIC en su página web La Semana de la Ciencia y la Tecnología es la iniciativa más importante de divulgación científica en muchas comunidades autónomas. Desde 2001 es organizada con carácter nacional con los objetivos de acercar la ciencia al público de todas las edades, estimular el gusto por el saber científico e incentivar la participación de los ciudadanos en cuestiones científicas mediante la realización de actividades de divulgación en museos, universidades, centros de investigación, parques tecnológicos, etc."

La actividad propuesta en el entorno específico de la ingeniería y de las profesiones STEM se realizaría en contexto de la orientación profesional y en el ámbito preferente de las escuelas de Ingeniería y centros de Formación Profesional, incorporándose cuantas otras Facultades de Ciencias tengan interés en promocionar las salidas profesionales de sus alumnos.

Como en las actividades anteriores, el papel de las Asociaciones de Ingenieros y de los Técnicos profesionales para diseñar, coordinar y gestionar las numerosas actividades a realizar por los centros educativos resultaría fundamental.

e. Actividades en curso. Durante el curso 2019-20 desde el Comité Universidad Formación y Empresa

[8] https://www.fecyt.es/es

[9] https://www.upm.es/UPM/Accion_Social/CampamentosUrbanos/Articulos_relacionados?fmt=detail&prefmt=articulo&id=476149b04a7dd410VgnVCM10000009c7648a____

[10] https://www.uc3m.es/ss/Satellite/UC3MInstitucional/es/TextoMixta/1371221863062/Tecnocamp_UC3M,_ciencia,_tecnologia,_cultura_y_deporte_en_los_Campamentos_de_verano

[11] https://www.campustecnologicodelicai.com/home

(CUFE) del IIE, en colaboración con el colectivo Escuelas Católicas de Madrid se programaron actividades de visitas a Museos tecnológicos y conferencias en centros, pero la aparición de la pandemia únicamente permitió dos visitas al museo Nave de Motores de Metro de Madrid, con la participación de dos centros con la presencia de unos 60 alumnos en total.

En el curso 2020-21 ante la persistencia de la pandemia se decidió sustituir las actividades presenciales por videoconferencias, impartiéndose cuatro durante los meses de enero a abril con una hora de duración en tiempo de clase, miércoles de 12:00 a 13:00). Participaron 12 centros (7 simultáneos) y 576 alumnos (282 simultáneos) y los temas elegidos fueron:

1. Movilidad eléctrica, un reto para los ingenieros. Video de la conferencia: **https://www.youtube.com/watch?v=M14c4rW1kJQ**

2. Las aportaciones de la ingeniería a la salud. Video de la conferencia: **https://www.youtube.com/watch?v=5rxWaSNJnlc&t=4s**

3. El mundo digital y la ingeniería. Video de la conferencia: **https://youtu.be/IH6Jly1xLaE**

4. Ferrocarril e ingeniería, una mirada hacia el futuro. Video de la conferencia: **https://www.youtube.com/watch?v=DmLkHe_vNQA**

Se desarrollaron con la participación de 15 profesionales de la ingeniería pertenecientes a universidades, instituciones y empresas punteras en tecnología.

El resultado, según encuestas realizadas a los centros participantes por Escuelas Católicas, fue muy satisfactoria y en las cifras puede verse la enorme potencialidad de la metodología al llegar a 282 alumnos de forma simultánea en centros distintos.

Para el curso 2021-22 se ha planificado la impartición de las siete videoconferencias siguientes:

- Los desafíos de la Sanidad y la aportación de los ingenieros.
- El futuro del coche eléctrico, problemas a resolver por la Ingeniería.
- Las energías renovables, soluciones de Ingeniería para un mundo sostenible.
- El Tren de alta velocidad español, trabajos para ingenieros.
- La Ingeniería Aeroespacial, retos para ingenieros.
- Las soluciones que aporta la Ingeniería de los nuevos materiales.
- El mundo digital y la electrónica para videojuegos y televisión.

5. Conclusiones

Como principal conclusión del trabajo, los autores consideran que se ha demostrado primeramente una demanda clara del mercado de profesionales en el ámbito de las STEM. A raíz de ello se ha planteado una estructura de promoción de las vocaciones en este tipo de estudios, incluyendo distintas posibles actividades a realizar, mostrando a modo de ejemplo, las actividades llevadas a cabo a lo largo del curso pasado. Se ha hecho patente en el trabajo, que el proyecto de actividades presentado precisará de la implicación de los distintos agentes, públicos y privados, para tener una envergadura suficiente, que permita tener impacto en el aumento de vocaciones en ingeniería.

Dada la progresividad establecida entre las titulaciones de Grado y Máster, Se quiere hacer una llamada a la **colaboración entre las instituciones que agrupan a los egresados en ambas titulaciones, INGITE e IIE**, para una mayor eficacia en el desarrollo de las actividades propuestas.

Otra conclusión a tener en cuenta es el hecho de que el resultado de todas estas iniciativas será difícil de contrastar a corto plazo, no obstante, resulta obvio que el acercamiento de la ingeniería a los alumnos más jóvenes puede ayudar a que puedan elegir uno de los distintos grados, como futuro profesional.

Agradecimientos

Los autores, como participantes en las actividades realizadas por el CUFE del IIE, queremos agradecer su participación en las mismas a los coordinadores y ponentes de las videoconferencias realizadas en el curso 2020-21, resaltando de forma especial la colaboración de los representantes de Escuela Católicas de Madrid, así como a Metro de Madrid por las facilidades y apoyo para las visitas realizadas a su Nave de Motores.

Bibliografía

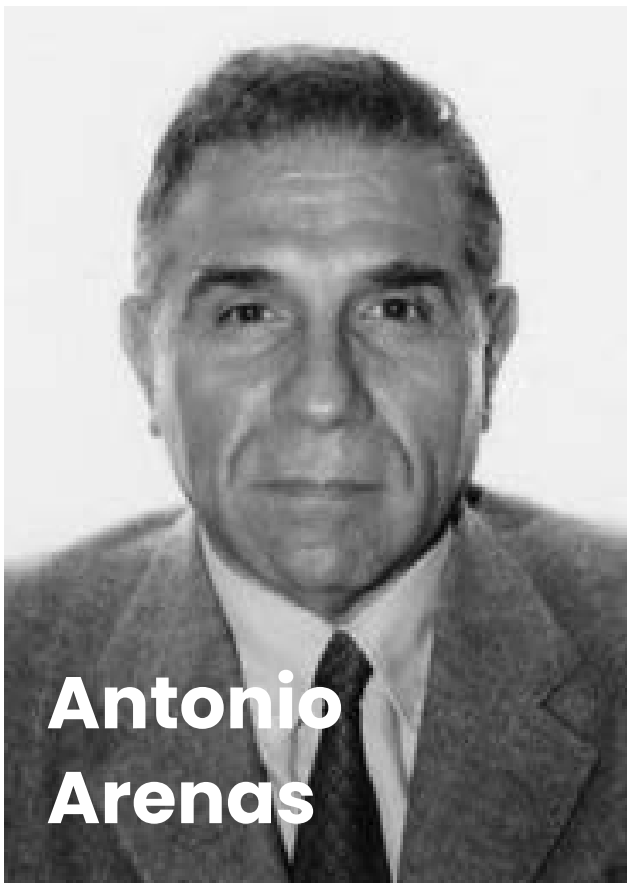
LIBROS Y DOCUMENTOS:

- [COM2020-274 final]. Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones. Agenda de Capacidades Europea para la competitividad sostenible, la equidad social y la resiliencia. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:52020DC0274&from=EN
- [España2050]. Oficina Nacional de Prospectiva y Estrategia del Gobierno de España (coord.). España 2050: Fundamentos y propuestas para una Estrategia Nacional de Largo Plazo. Madrid: Ministerio de la Presidencia.2021. https://www.lamoncloa.gob.es/presidente/actividades/Documents/2021/200521-Estrategia_Espana_2050.pdf
- [ESTMUS2018] Estadística de museos y colecciones museográficas 2018. Principales Resultados. http://www.rmiberoamericanos.org/Documentos/4576dca7-fe6a-2f4f-ffff-6c46a2359392.pdf
- [ESTMUSR2018]. https://www.culturaydeporte.gob.es/dam/jcr:9b86eda0-2c77-463a-ac7a-c5aecb21f987/estadistica-de-museos-y-colecciones-museograficas-principales-resultados-2018.pdf
- [InfoEsade2020]. Informe · InfoJobs · ESADE 2020 · Estado del mercado laboral en España. https://s36300.pcdn.co/wp-content/uploads/2021/06/Informe_2019_Estado_mercado_-laboral_InfoJobs_Esade.pdf
- [McKinsey2020]. McKinsey Global Institute 2020. The future of work in Europe. Automation, workforce transitions, and the shifting geography of employment. https://www.mckinsey.com/~/media/mckinsey/featured%20insights/future%20of%20organizations/the%20future%20of%20work%20in%20europe/mgi-the-future-of-work-in-europe-discussion-paper.pdf
- [Panorama 2020] Panorama de la educación. Indicadores de la OCDE. 2020. Informe español. https://www.educacionyfp.gob.es/inee/indicadores/indicadores-internacionales/ocde.html
- [PWC-Siemens 2030]. Claves e inversiones estratégicas para una España 5.0. Hacia una economía más competitiva y sostenible en 2030. https://new.siemens.com/es/es/empresa/estudios-de-siemens/claves-e-inversiones-estrategicas-para-una-espana-50.html
- (SIIU)https://www.universidades.gob.es/stfls/MICINN/Universidades/Ficheros/Estadisticas/Nota-Estadistica-de-Indicadores-Rendimiento-2020_.pdf
- [SIIUREN18-19] Indicadores Universitarios de Rendimiento Académico en el curso 2018-19 del Sistema Integrado de Información Universitaria.
- [UEC17-18]. La universidad española en cifras 2017/2018 https://www.crue.org/wp-content/uploads/2020/02/UEC-1718_FINAL_DIGITAL.pdf

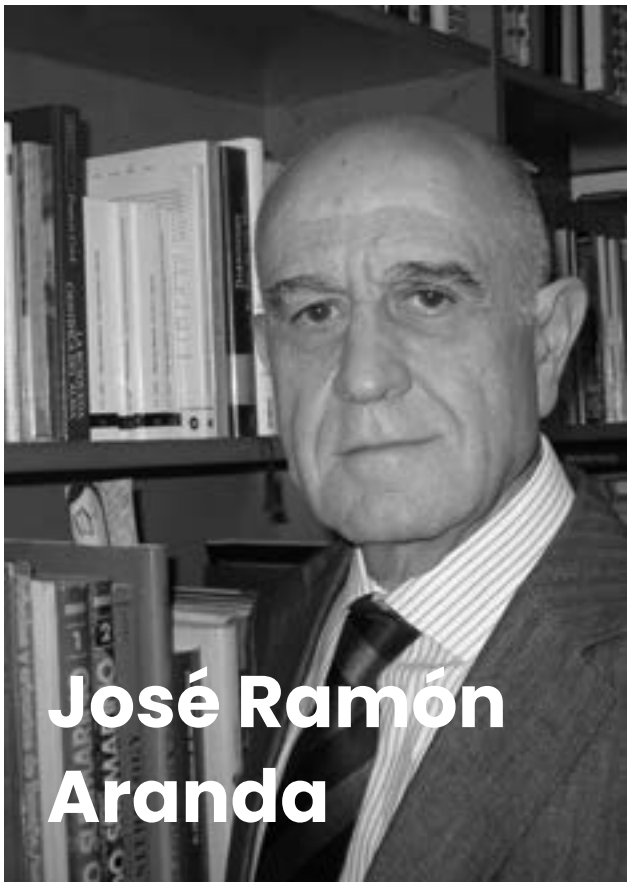
ARTÍCULOS PUBLICADOS EN REVISTAS O PERIÓDICOS:

- [DTI2015]. Hanne Shapiro, Simon Fuglsang Østergaard, Karsten Frøhlich Hougaard. Danish Technological Institute. Does the EU need more STEM graduates?.2015. https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/60500ed6-cbd5-11e5-a4b5-01aa75ed71a1
- [EDUC16]. Martínez-Martínez, A., Zurita-Ortega, F., Castro-Sánchez, M., Chacón-Cuberos, R., Hinojo-Lucena, M., & Espejo-Garcés, T. (2016). Choosing Higher Education for Senior High School and Upper Education Students. Revista Electrónica Educare, 20(1), 1-18. https://doi.org/10.15359/ree.20-1.14

José Javier San Martín



Antonio Arenas



José Ramón Aranda

Mesa 1 / Ponencia 4

LAS PRÁCTICAS EN EMPRESA EN ICAI: ANÁLISIS Y TENDENCIAS

Fernando Gómez González. *Coordinador de prácticas.*
Escuela Técnica Superior de Ingeniería. Comillas ICAI.

Juan Carlos del Real Romero. *Jefe de estudios Máster en Ingeniería Industrial.*
Escuela Técnica Superior de Ingeniería. Comillas ICAI.

1. Introducción

En la Escuela Técnica Superior de Ingeniería (ICAI), el aprendizaje práctico ha sido una seña de identidad desde los orígenes de la Escuela y que ha ido evolucionando, integrándose implícitamente en los sucesivos planes de estudio e incorporándose de forma explícita también como parte de estos a través de las prácticas en empresa como parte de la formación de los estudiantes.

En los últimos años, diferentes tendencias pedagógicas como el Work Integrated Learning (WIL) o en Learning by Doing, están ganado espacio en la formación universitaria como herramientas al servicio de la mejor capacitación de los estudiantes [1,2]. Entre las distintas actividades dentro de WIL, dependiendo del curso en el que se lleven a cabo, podemos encontrar casos reales de la industria expuestos por el profesor, visitas a empresas, charlas de profesionales de las empresas en la clase, etc. pero entre todas destacan claramente las prácticas en empresa por todo lo que proporcionan.

Las prácticas son una herramienta fundamental durante los estudios universitarios para que los alumnos puedan dar los primeros pasos de su carrera profesional y encontrar su vocación. Estas prácticas pueden estar integradas en el plan de estudios de forma obligatoria (curriculares) o ser optativas (extracurriculares), pero no hay duda de que el fomento de las prácticas junto con otro tipo de actividades debe ser un aspecto clave en los últimos años de la carrera universitaria para adquirir ciertas competencias y habilidades transversales cada vez más valoradas en la carrera profesional y el ámbito de la ingeniería.

> ***Las prácticas son una herramienta fundamental durante los estudios universitarios...***

Varios autores han destacado los beneficios de las prácticas durante los estudios universitarios como herramienta propedéutica en el desarrollo de las habilidades profesionales y personales de los estudiantes [3,4].

Entre estos beneficios podemos destacar los siguientes:

• Experiencia laboral

Las prácticas son una primera aproximación al trabajo, dando una visión real y práctica del trabajo. El hecho de que los estudiantes se hayan enfrentado a un entorno profesional hace que puedan entender mejor el funcionamiento de las empresas y así fortalecer sus competencias técnicas e interpersonales de cara a la inserción en el mundo laboral. Estos periodos de prácticas también pueden enriquecer el CV, mejorando el perfil profesional del candidato en los procesos de selección frente a otros que carecen de experiencias de prácticas similares.

• Conocimiento del sector

Muchas veces, los estudiantes tienen una idea preconcebida que no se corresponde con el ejercicio real de la profesión y por tanto aquellos estudiantes interesados en un sector concreto de la ingeniería pueden, a través de las prácticas, tener una visión más realista de éste. También les permite aproximarse a las últimas tendencias y por tanto estar al día de lo que la industria y la empresa demanda. Esta prospección de diversos sectores a través de las prácticas puede clarificar la vocación del estudiante en un campo determinado o también hacerle caer en la cuenta de que ciertos de sus prejuicios eran equivocados.

• Crear una red de contactos

La creación de una red de contactos es una herramienta importante para el desarrollo de la carrera profesional, y las prácticas pueden ser un primer paso para construirla y hacerla efectiva. Las prácticas permiten trascender el ámbito académico e interactuar con expertos en los campos de interés del estudiante, enriqueciendo su formación.

> ***...permiten trascender el ámbito académico e interactuar con expertos en los campos de interés del estudiante, enriqueciendo su formación.***

• Fortalecer competencias interpersonales

La formación reglada en la Universidad proporciona una serie de competencias técnicas y otras en aspectos transversales (*soft skills*), pero a veces no dota a los estudiantes de ese conocimiento "práctico" para desenvolverse en situaciones reales del ámbito profesional. Las prácticas proporcionan esa oportunidad, en la que los estudiantes además de poner a prueba sus conocimientos técnicos pueden aprender habilidades interpersonales y aprender a "sobrevivir" en entornos inter-transdisciplinares y multiculturales.

Es evidente que todas estas ventajas que las prácticas proporcionan a los estudiantes deberían hacer que se fomentaran por parte de las instituciones académicas y las empresas, ya que también proporciona ventajas evidentes para ellas.

En esta ponencia los autores quieren dar una visión general de lo ocurrido en los últimos 20 años en ICAI y que tendencias se esperan en el futuro, aunque con posterioridad se hará un estudio más exhaustivo de toda la información para sacar conclusiones que ayuden a la Escuela en el desarrollo de los programas de prácticas.

2. PRACTICAS EN EMPRESA EN ICAI. PERIODO 2002-2022

2.1 DATOS DE PARTIDA

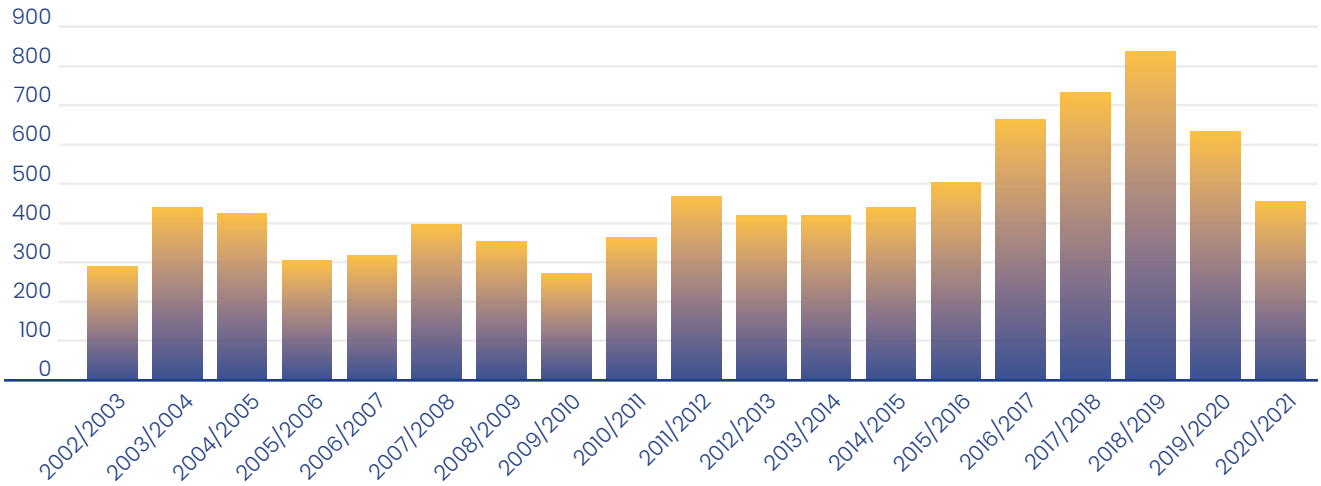
Los datos mostrados en este trabajo son los recopilados durante el periodo de 2002-2022 por la Oficina de Prácticas y Empleo (OPE) de la Universidad Pontificia Comillas https://www.comillas.edu/es/home-ope, referidos a los alumnos de ICAI. Durante este tiempo (cursos académicos 2002-2003 a 2020-2021) han convivido varios planes de estudios en distintos de distintos programas en el área de la ingeniería. Los programas de los que se aportan datos son:

- Ingeniero en Informática
- Ingeniero Técnico Industrial
- Ingeniero en Organización Industrial (2º ciclo) e Ingeniero en Electrónica y Automática (2 ciclo)
- Ingeniero Industrial (Plan 1996), hasta 2014
- Grado en Ingeniería Electromecánica 2008-2015
- Grado en Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales desde 2015 (Curso 2015-2016)
- Grado en Ingeniería en Tecnologías de Telecomunicación desde 2015 (Curso 2015-2016)
- Máster Universitario en Ingeniería Industrial (Curso 2014-2015)
- Máster Universitario en Ingeniería de Telecomunicaciones (Curso 2014-2015)
- Másteres Profesionales

Durante este tiempo se han realizado un total de 8.772 prácticas. Entendiéndose por práctica aquella que realiza un alumno en un periodo determinado, porque puede realizar varias prácticas y además en la misma empresa o institución. En algunos programas como en el Máster de Ingeniería Industrial casi la totalidad de los alumnos hacen prácticas en algún momento de sus estudios.

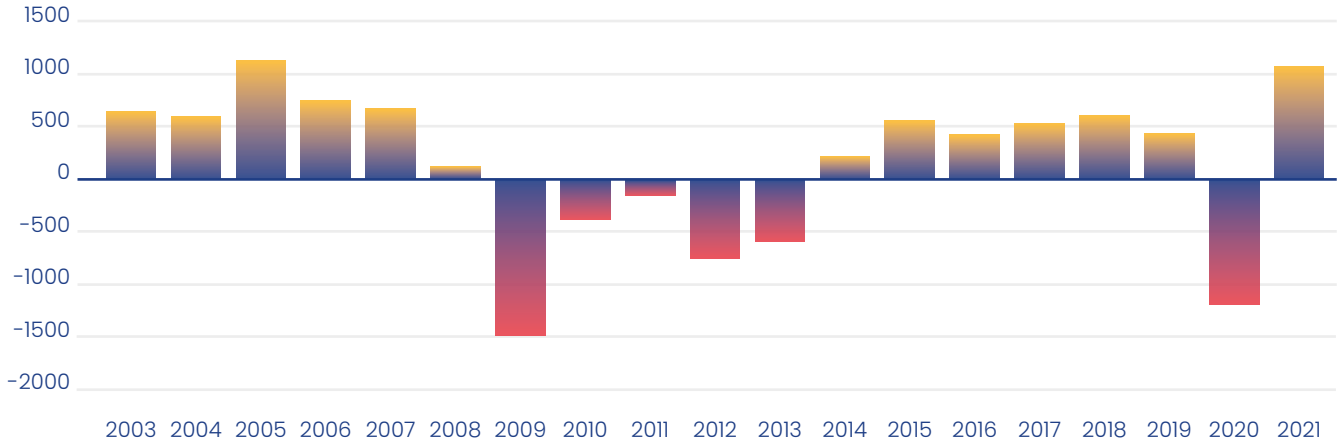
En el siguiente gráfico se puede ver la evolución de las prácticas en el periodo 2002-2021.

Gráfico 1: Evolución Anual Prácticas ICAI.



Lo primero que se observa en estos datos es la influencia de los ciclos económicos, como la crisis de 2008-2013 o la pandemia del Covid19. Si comparamos estos datos con la tasa interanual de empleo en España en el mismo periodo se aprecia que en las épocas de destrucción de empleo (crisis 2008-2013, crisis pandemia), así como los periodos sostenidos de creación de empleo (2015-2019) también se traslada al número de prácticas que realizan los estudiantes, por lo que, aunque sin ser un estudio exhaustivo y sin tener en cuenta otras consideraciones, si parece que la tendencia va unida a los ciclos económicos y por tanto a las capacidades de las empresas. A pesar de que en esta ventana temporal aparece la gran crisis económica de comienzos del siglo XXI se observa una tendencia creciente en la realización de prácticas.

Gráfico 2: Variación interanual de la ocupación 2002-2021 [INE, 2021]



En esta evolución creciente también hay que tener en cuenta los esfuerzos realizados por la Escuela Técnica Superior de Ingeniería-ICAI (Comillas ICAI), donde como ya se ha comentado anteriormente, el aprendizaje práctico es fundamental y por esto, siempre se ha trabajado de forma intensiva para que nuestros estudiantes puedan realizar prácticas como parte de su formación académica.

En los últimos años esta apuesta se ha visto reforzada por la aparición de nuevos másteres profesionales (Master Degree in Smart Grids, Máster en Big Data, Máster en Ingeniería para la Movilidad y la Seguridad, etc.) muy enfocados a la industria donde las prácticas son parte del currículo académico y donde la empresa está muy involucrada desde la concepción y desarrollo de los planes de estudio, como proveedores de prácticas y en muchos casos del posterior reclutamiento de sus egresados.

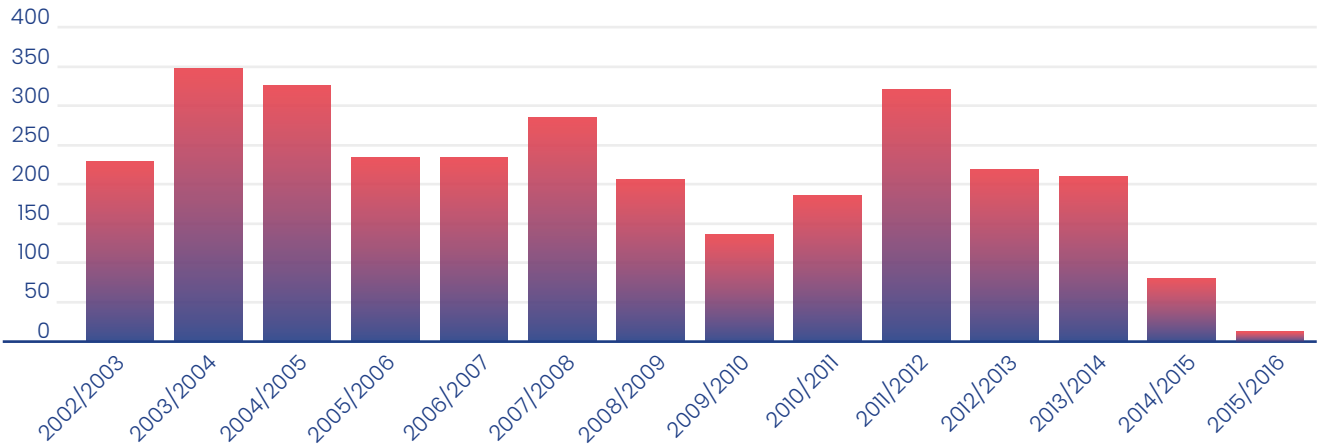
Por otra parte, la Universidad a través de la OPE apuesta de manera decidida por el fomento de las prácticas, con distintos tipos de iniciativas (Foro de Empleo, mesas redondas, sesiones temáticas, etc.) para fomentar las prácticas y la empleabilidad. Todas estas actividades junto a la excelencia académica han permitido a Comillas ser la primera universidad a nivel nacional, la cuarta en Europa y una de las primeras a nivel mundial en tasa de empleabilidad de sus egresados, según los datos de QS Ranking.

2.2 EVOLUCIÓN POR TITULOS Y AÑOS

Seguidamente se muestran los gráficos de evolución por planes de estudios durante su periodo de vigencia.

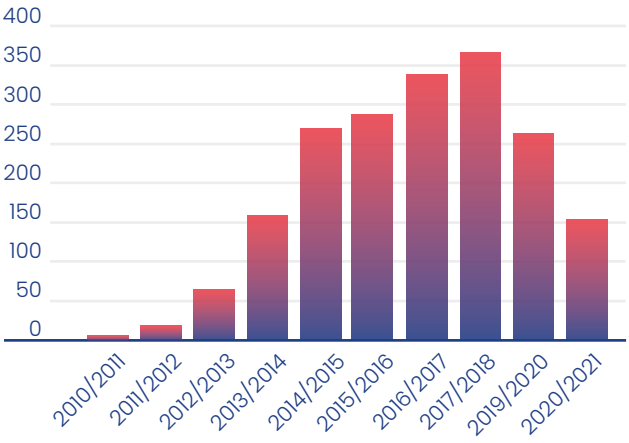
- *Planes preEEES*. El primero de ellos muestra los datos de las prácticas anteriores al EEES y abarca los títulos de Ingeniería Industrial, Ingeniería en Organización Industrial, Ingeniería Informática, etc. títulos que se fueron incorporando en años posteriores.

Gráfico 3: Evolución Anual Prácticas - Planes preEEES



Grado Planes 2008. Si se consideran los títulos a partir de 2008 como los del cambio que supuso el EEES[1], dividiéndose en estudios de grado y máster, a partir de esa fecha hasta 2021. Las prácticas realizadas en los estudios de grado, se puede observar su evolución en el gráfico 4.

Gráfico 4. Evolución Anual Prácticas Grado Planes 2008 en adelante



Este programa comienza en el curso 2010-2011, y el bajo número de prácticas en los cursos académicos 2010-2011 y 2011-2012 es debido a que en 1º y 2º curso no se pueden realizar prácticas curriculares (aunque si extracurriculares) y además de que las empresas no suelen ofrecer prácticas en estos primeros cursos.

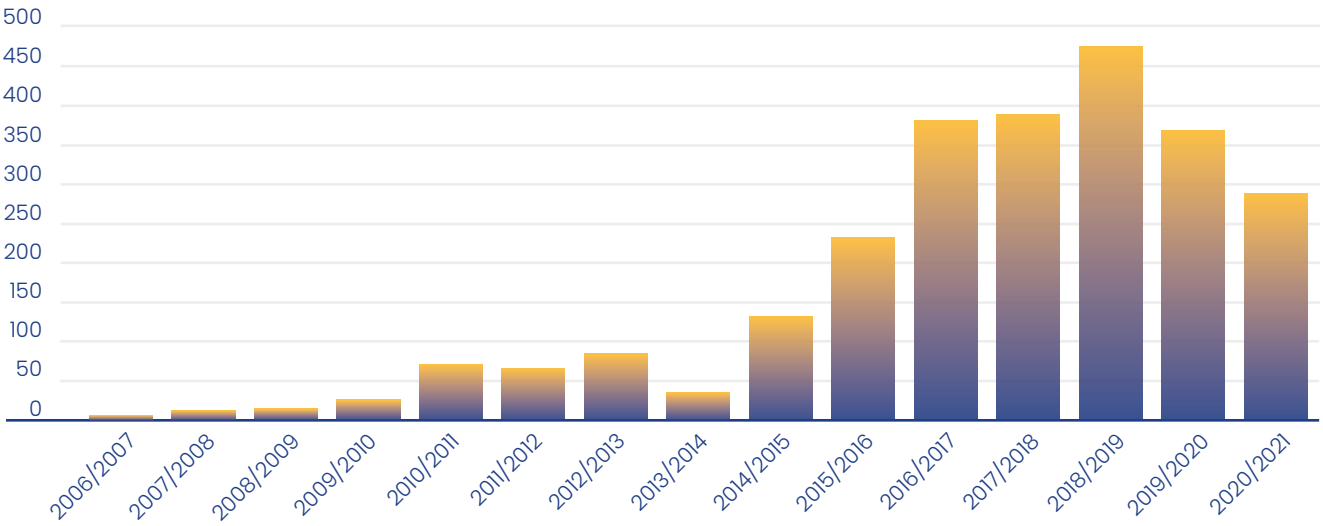
- *Postgrado Planes 2008*. El gráfico correspondiente al postgrado (másteres) de los planes de estudio a partir de 2008. Aquí se incluyen otros programas profesionalizantes (Máster Universitario en Sector Eléctrico o el Máster en Sistemas Ferroviarios) que se implantaron en años anteriores.

El crecimiento que se observa a partir de 2014 es debido a la aparición del Máster Universitario en Ingeniería Industrial y el Máster Universitario en Ingeniería de Telecomunicaciones en el curso 2014-2015.

Claramente es en estos cursos donde el número de prácticas realizadas crece sustancialmente, no olvidemos que estos estudiantes son titulados de grado y ya han adquirido una serie de competencias que les hace más atractivos a las empresas. Además, en muchas ocasiones estas prácticas a nivel de máster son empleadas por las empresas en sus tareas de reclutamiento. El número de prácticas que realizan estos alumnos de Máster es muy elevado con porcentajes cercanos al 75% en algunos cursos académicos. Si comparamos con los últimos datos disponibles de la CRUE en su último informe [5], el porcentaje medio de alumnos que realizan prácticas curriculares en las universidades públicas presenciales es del 34,9%, siendo el valor más alto del 60,5%.

Este elevado número de prácticas que realizan nuestros alumnos se debe en gran medida a la percepción que tiene las empresas de ellos y de su desempeño, lo que permite que año tras año, sigan seleccionando alumnos de ICAI para sus programas

Gráfico 5: Evolución Anual Prácticas Postgrado Planes 2008.



[1] Espacio Europeo de Educación Superior

de prácticas. En la encuesta hecha en el curso 2019-2020 a los empleadores para evaluar su grado de satisfacción con nuestros estudiantes en prácticas, la valoración global realizada por los tutores profesionales obtiene un promedio de 9,25 sobre 10. Si se miran los últimos 5 años, todas las valoraciones están por encima del 9, lo que demuestra el alto grado de satisfacción de los empleadores.

2.3 DISTRIBUCION POR SECTORES

Para ver la distribución por sectores de las prácticas se han empleado los mismos sectores que los recogidos en el documento "Situación laboral y profesional de los Ingenieros ICAI 2020 [6] que publicó la Asociación/Colegio Nacional de Ingenieros del ICAI se incorporan datos comparativos de los años 2016, 2018 y 2020, por sectores de actividad y porcentaje de empleo. En el gráfico nº6 se representa los datos recogidos en el informe y en él se puede apreciar una ligera tendencia al alza en Industria, Consultoría, TIC, Construcción y Banca. Estos sectores de actividad son los que marcan periodos de bonanza económica, excepto el sector TIC que tiene un crecimiento sostenido desde hace años.

Por otro lado, en el grafico 7 se muestran en las mismas ventanas temporales las prácticas que se han realizado en esos mismos sectores.

Gráfico 6: Ocupación Ingenieros ICAI por Sectores de Actividad

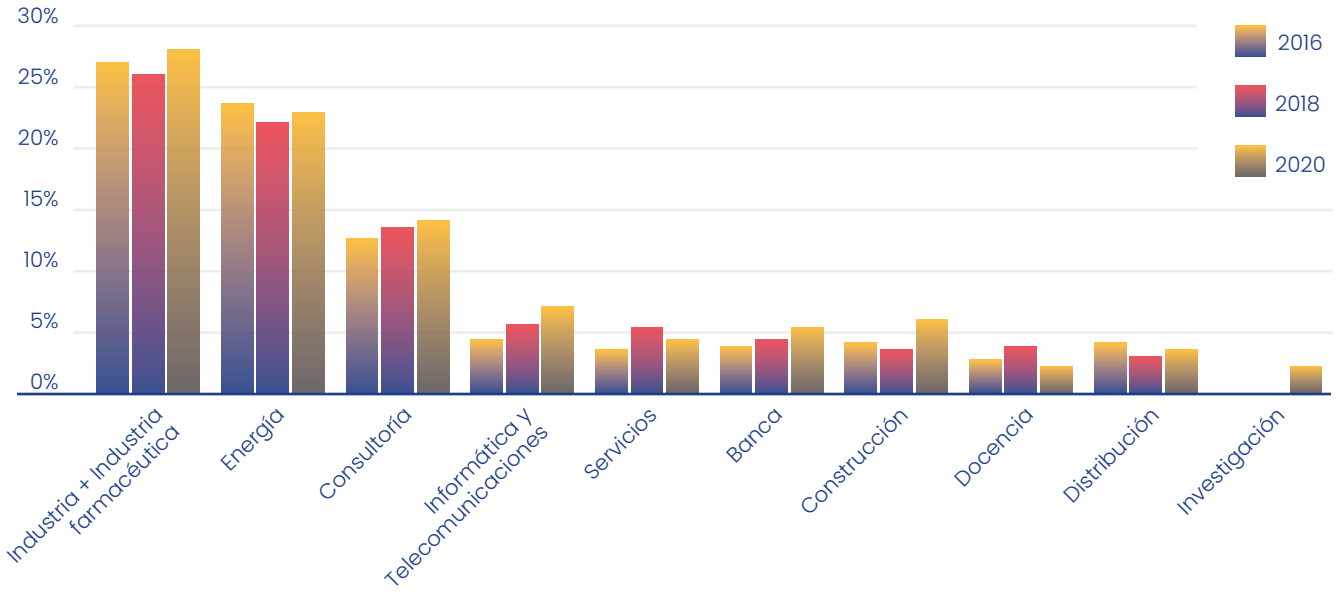
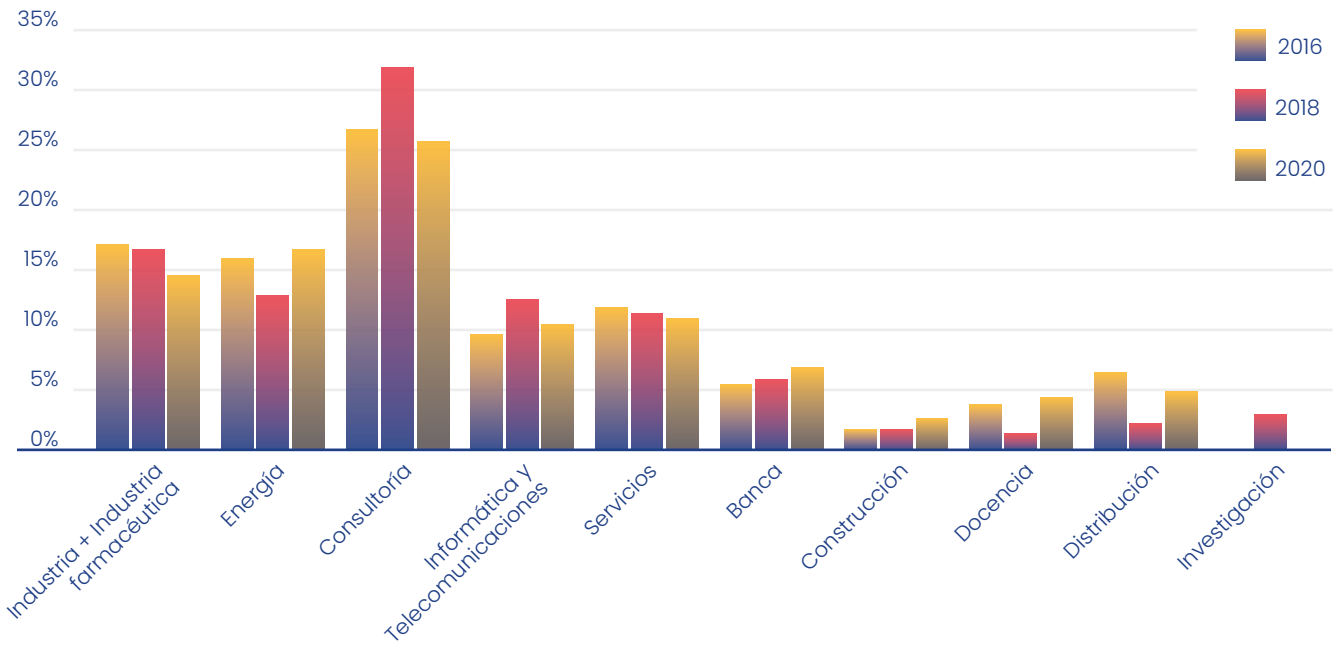


Gráfico 7: Prácticas por sectores de actividad



Como puede apreciarse la mayor demanda se produce en los sectores de *Consultoría, TIC y Servicios*, ya que los ingenieros son una prioridad para estos sectores, al igual que el resto de las titulaciones STEM[2]. El caso de la *Consultoría* es especialmente llamativo ya que es uno de los sectores más activos en la contratación de ingenieros en los últimos años. Estos datos de prácticas en *Consultoría* si están en la línea de los datos de actividad laboral si se analiza el grupo de los menores de 35 años donde tal y como indica el informe del Colegio, se aprecia un incremento sobre la media en los sectores de *Consultoría, Banca y Distribución*.

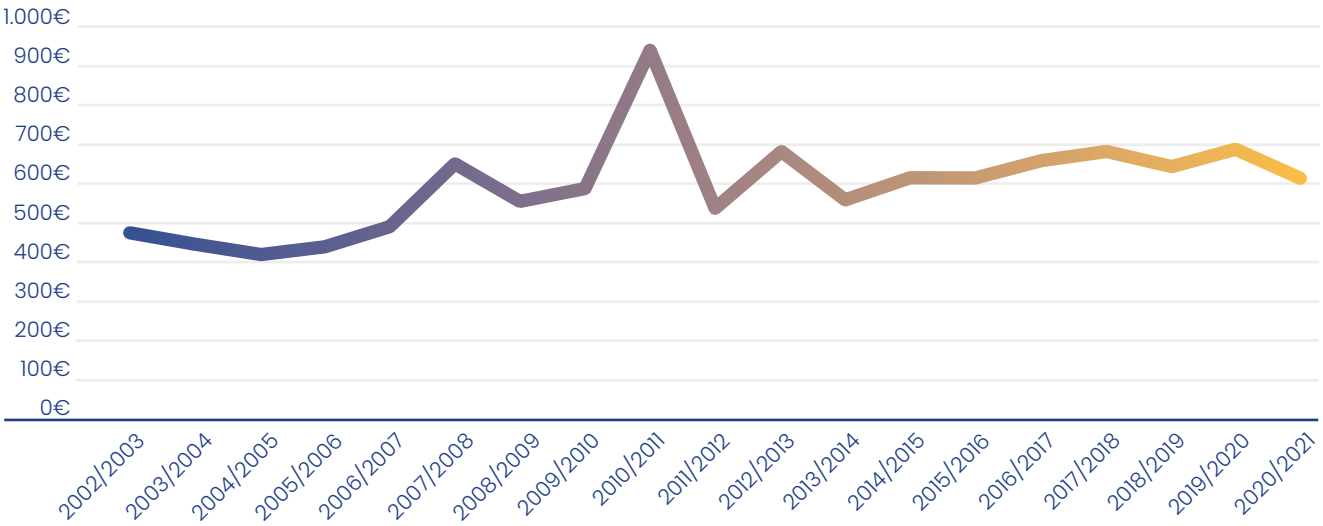
Algo similar podríamos decir del sector de las TIC donde la oferta de prácticas difiere respecto a la ocupación actual de los Ingenieros de ICAI. Este crecimiento que irá en aumento se debe fundamentalmente a la gran demanda en tareas relacionados con el Big Data, IA[3], Ciberseguridad, Programación, RPA[4], Machine Learning, etc.

2.4 REMUNERACION

Las prácticas en ICAI generalmente son remuneradas, aunque existen casos singulares de instituciones o empresas que no remuneran las prácticas, pero son casos aislados. Desde la Universidad y la Escuela se incentiva a empresas y alumnos a que las prácticas sean remuneradas en concepto de bolsa o ayuda al estudio con el fin de que, al menos, el alumno pueda cubrir gastos de desplazamiento y que las empresas hagan un pequeño esfuerzo en el contenido y seguimiento de los trabajos del alumno.

La remuneración media mensual en todo el periodo de 20 años es de 603 €/mes sin aplicar ajustes por inflación/deflación. También hay que tener en cuenta que durante el curso lo normal es tener una dedicación a las prácticas de media jornada y en el periodo de verano jornada completa. Esta cifra también se ve afectada al alza por aquellas prácticas que se realizan presencialmente en empresas de otros países dado que suelen estar remuneradas acorde al nivel de vida del país de destino y en muchos casos también les abonan gastos de alojamiento.

Gráfico 8: Remuneración promedio en las prácticas



[2] Science, Technology, Engineering and Mathematics

[3] Inteligencia Artificial

[4] Automatización robótica de procesos

3. INTERNACIONALIZACIÓN DE LAS PRÁCTICAS

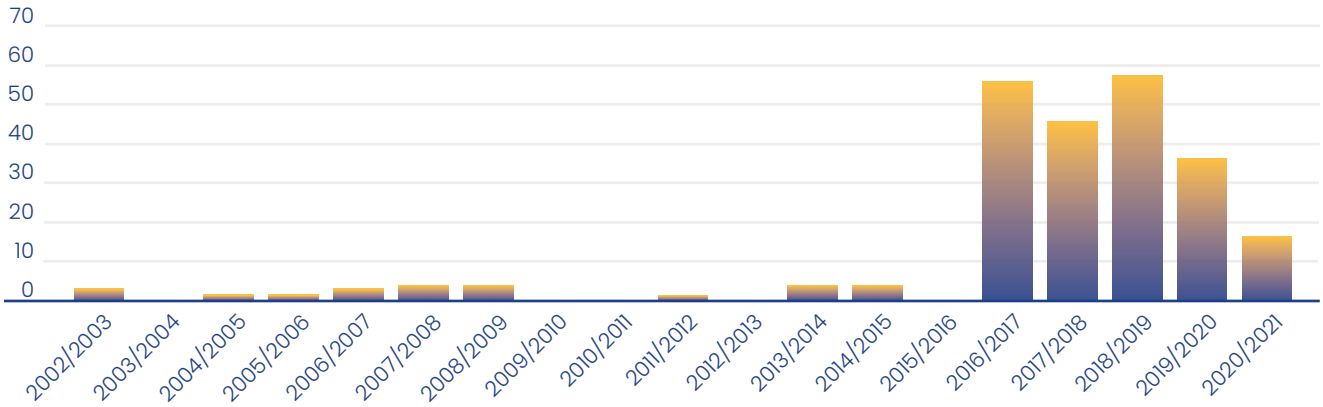
En los últimos años ICAI ha realizado un esfuerzo importante en facilitar a sus estudiantes la realización de prácticas en el extranjero, especialmente en su último semestre antes de acabar los estudios de máster. En este caso las prácticas son la forma de vehicular el deseo explícito de ICAI de incluir la internacionalización en el currículo de una manera diferente a la tradicional vía de los intercambios académicos.

Estudios de la Universidad Tecnológica de Delft [7] han destacado la importancia de la internacionalización de la educación en ingeniería basada en los siguientes puntos:

- Las fronteras entre países han desaparecido (UE) y la economía se ha globalizado.
- En las grandes compañías los ingenieros trabajan con colegas de otros países.
- Los clientes de las empresas ya no están localizados únicamente en el propio país. Europa actualmente es un mercado doméstico.

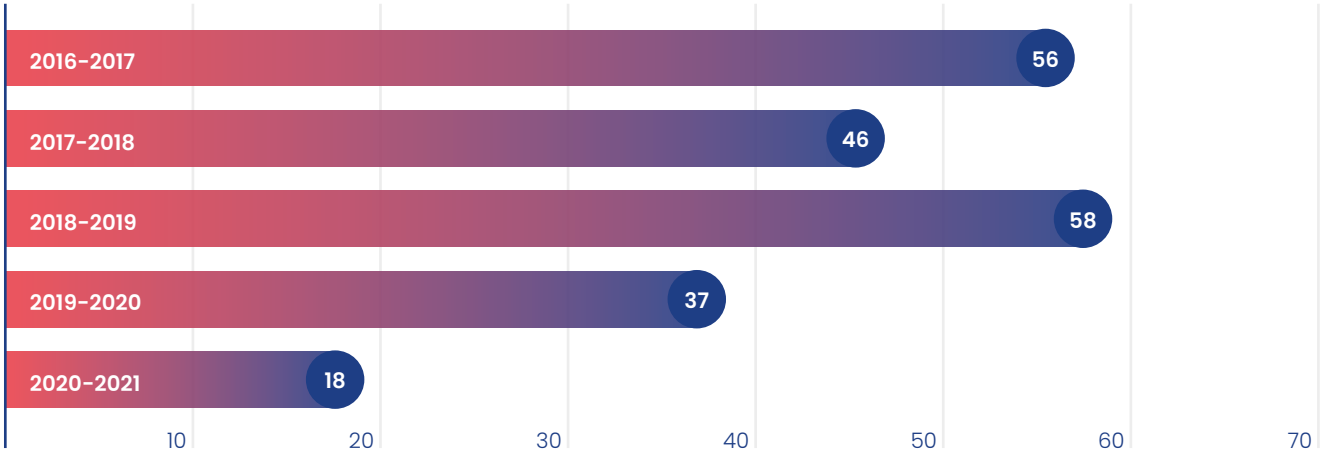
Analizando el histórico de datos disponibles se puede determinar que la mayor parte de las prácticas se han realizado en España, siendo el porcentaje de prácticas en el extranjero del 3,27% en el periodo 2002-2021.

Gráfico 9: Numero de prácticas en el extranjero periodo 2002-2021



No obstante, estos valores cambian sustancialmente al centrar el foco en el periodo 2016-2021 como se puede observar los gráficos 9 y 10, evidenciando un claro incremento desde el 0,7% del curso 2002-2003 al 6,8% del curso 2018-2019. Es evidente que esta tendencia creciente se vio truncada por la pandemia del Covid19.

Gráfico 10: Numero de prácticas en el extranjero periodo 2016-2021

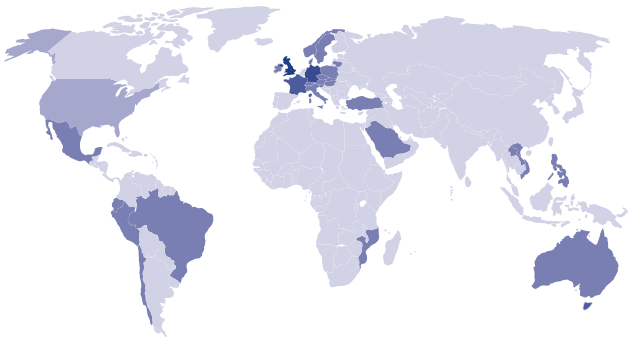


Este significativo cambio de tendencia experimentado desde el curso 2016-2017 es debido al lanzamiento dentro del Máster Universitario en Ingeniería Industrial y en el Máster Universitario en Ingeniería de Telecomunicación del *Programa de Prácticas Internacionales*. Este programa fue diseñado ad hoc como una nueva posibilidad de internacionalización atendiendo a las demandas del mercado laboral y de los estudiantes. El objetivo de este programa es aunar la experiencia laboral junto con la internacionalización realizando en el último semestre de la carrera una estancia de 6 meses en una empresa fuera de España. Actualmente este programa está totalmente implantado como Programa Columbus de Prácticas Internacionales. https://www.comillas.edu/icai/icai-internacional/columbus y es una parte muy importante de los esfuerzos de internacionalización.

Como se puede ver en el Gráfico 11 las prácticas fuera de España se concentran principalmente en los países de nuestro entorno de la Unión Europea, fundamentalmente debido a las facilidades en la movilidad de estudiantes y trabajadores, sin embargo, hay un interés creciente por parte de los estudiantes de ampliar la movilidad a otros espacios geográficos como EE. UU. y países de Asia y Oceanía, al igual que ocurre con los intercambios académicos.

La internacionalización de las prácticas es especialmente interesante para los alumnos de máster (que están a punto de integrarse en el mercado laboral) ya que integra dos aspectos muy importantes que ya se han comentado como son la experiencia profesional previa y la internacionalización.

Gráfico 11: Distribución mundial de las prácticas periodo 2002-2021



Número prácticas

1 27 53

4. LA PANDEMIA DEL COVID19: UN PUNTO DE INFLEXIÓN Y NUEVAS OPORTUNIDADES

Con la llegada de la pandemia, la ANECA en el marco de la REACU (Red Española de Agencias de Calidad Universitarias), y la CRUE (Conferencia de Rectores de las Universidades Españolas), elaboraron documentos que regulaban la situación en la que se quedaron, entre otras materias, las prácticas externas dando indicaciones para los casos en los que no se pudiera continuar la actividad [8,9]. En estos documentos, entre otro tipo de aspectos, se mencionan una reducción de horas o la sustitución por otro tipo de actividad, cursos de formación, etc.

Evidentemente con la paralización de parte de la actividad del país también se interrumpió la realización de prácticas por parte de los alumnos, como se puede ver en los gráficos del apartado 2, aunque en gran medida las prácticas en curso se mantuvieron. Cuando comenzó el confinamiento del 15 de marzo, había más de 40 prácticas en curso o pendientes de comenzar en breve. A pesar de las posibilidades para la sustitución de las prácticas descritas en el párrafo anterior, las que estaban en curso continuaron y terminaron con normalidad cumpliendo todas las horas.

La posibilidad de mantener estas prácticas se debió en gran medida a la posibilidad de hacerlas en un régimen de teletrabajo. Esta tendencia se mantuvo a partir de mayo 2020 cuando comenzaron las contrataciones de prácticas correspondientes al curso 2020-2021 que se realizan en verano y casi todas ellas estaban planteadas en esta modalidad.

Durante el curso 2021-2022 hay un número significativo de prácticas en otros países en esta modalidad y por tanto es una nueva oportunidad que surge para la internacionalización de las prácticas. También ha aparecido algunas prácticas con sistemas híbridos donde los alumnos trabajan desde España, pero integrados en un equipo internacional y hacen simultáneamente estancias cortas en las oficinas centrales o en otras sedes en el extranjero.

5. CONCLUSIONES

El crecimiento continuado del número de prácticas realizadas es en gran parte debido a las estrechas relaciones que mantiene la Dirección de la Escuela con empresas de todos los sectores, el apoyo de las redes de la Asociación/Colegio de Ingenieros del ICAI y Comillas Alumni, así como el trabajo continuo de la Oficina de Prácticas y Empleo. Todo este entorno permite a ICAI, mejorar los programas de prácticas, los planes de estudio y por tanto formar a los mejores profesionales, capaces de aportar valor a la sociedad.

La incorporación de las prácticas como parte de los planes de estudios, en especial en los másteres es una tendencia creciente y se deberían establecer políticas de colaboración más estrechas con las empresas para la realización de prácticas curriculares, fomentando así la adquisición de habilidades profesionales e interpersonales.

Las prácticas son un vector muy importante en la internacionalización de los estudios y por tanto se deberían potenciar, aportando los recursos necesarios para mejorar su gestión.

La pandemia a pesar de todo el daño causado ha generado nuevas formas de realización de prácticas en España y en el extranjero, permitiendo al estudiante compaginar con una mayor flexibilidad, sus tareas en la empresa con sus actividades académicas.

Bibliografía

ARTÍCULOS PUBLICADOS EN REVISTAS O PERIÓDICOS:

- Carbone Angela, Rayne, Gerry M, Ye, Jing y Durandet, Yvonne. "Connecting curricula content with career context: the value of engineering industry site visits to students, academics and industry" European Journal of Engineering Education, https://doi.org/10.1080/03043797.2020.1806787. (2020)
- Schank, Roger C. "What We Learn When We Learn by Doing." (Technical Report No. 60). Northwestern University, Institute for Learning Sciences. (1995)
- Gerwel, Cecile N. Chelin, Nathalie y Rouvrais, Siegfried. "Think first job! Preferences and expectations of engineering students in a French Grande Ecole" European Journal of Engineering Education, https://doi.org/10.1080/03043797.2017. 1396444 (2017).
- Luk, Lillian y Chan, Cecilia. "Adaptation and validation of the Work Experience Questionnaire for investigating engineering students' internship experience." Journal of Engineering Education, https://doi.org/10.1002/jee.20351 (2020).
- La Universidad Española en Cifras - 2017/2018. Conferencia de Rectores de las Universidades Españolas. Diciembre 2020
- Situación laboral y profesional de los Ingenieros ICAI. Asociación/Colegio Nacional de Ingenieros del ICAI. Diciembre 2020
- Rompelman, Otto y De Vries, Jan. "Practical training and internships in engineering education: Educational goals and assessment", European Journal of Engineering Education. https://doi.org/10.1080/03043790210129621 (2002)
- Acuerdo de REACU de 3 de abril de 2020, ante la situación de excepción provocada por el COVID-19. Red Española de Agencias de Calidad Universitaria. Abril 2020
- Recomendaciones de CRUE para la adaptación de las prácticas externas motivada por la situación generada por la Covid-19 para el curso 2020/21. Conferencia de Rectores de las Universidades

Fernando Gómez

Fernando Gómez González es ingeniero del ICAI desde 1983, doctor ingeniero industrial por ICAI y MBA por ICADE.

Es profesor del Departamento de Telemática y Computación de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería ICAI. En 1998 es premiado por la Real Academia de Doctores a la mejor tesis doctoral en el área de Energía y Medioambiente.

En 2001 es nombrado director de la Oficina Emprendedores y el Vivero de Empresas de la Universidad Pontificia Comillas de Madrid. Sus áreas de trabajo son: organización, inteligencia artificial y comunicaciones. Ha dirigido más de 150 proyectos fin de carrera. Ha trabajado durante 15 años en 3 empresas de ingeniería como director de Proyectos y Responsable de las TIC. En esta etapa profesional participó en 54 proyectos. Es vocal del Comité Sociedad Digital del Instituto de Ingeniería de España (IIE).

Juan Carlos del Real

Juan Carlos del Real Romero, doctor en ingeniería industrial del ICAI por la Universidad Pontificia Comillas, es profesor en el Departamento de Ingeniería Mecánica en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería ICAI de la Universidad Pontificia Comillas.

Desde 2014 es el jefe de estudios del máster universitario en Ingeniería industrial, comenzó su actividad docente en Comillas ICAI en el año 1994 impartiendo clases en las áreas de ciencia e ingeniería de materiales.

En la actualidad desarrolla la actividad investigadora desde el Instituto de Investigación Tecnológica (I.I.T) en el campo de los materiales en las áreas de bioingeniería y sistemas ferroviarios.

Es miembro del grupo interuniversitario de investigación en adhesivos estructurales constituido por investigadores de ICAI y de la Universidad Carlos III de Madrid. Ha sido presidente y actualmente es coordinador científico del Grupo Español de Adhesión y Adhesivos (GEAA), miembro de AENOR /TC 143 "Adhesivos" y miembro del consejo editorial de las revistas Journal of Adhesion, Applied Adhesion Science y Journal of Advanced Joining Processes.

Mesa 1 / Ponencia 5

EL NUEVO PERFIL PROFESIONAL Y LA NECESARIA COLABORACIÓN UNIVERSIDAD –EMPRESA

Carmen Muñoz Pérez. *Directora corporativa de personas y organización. Repsol.*

El trabajo se enfrenta a una nueva gran revolución y exige un compromiso consensuado entre los tres actores protagonistas: gobiernos, empresas y universidades deben sentar las bases de esta nueva era del empleo.

1. Identificación y evolución de los nuevos perfiles profesionales

El Foro Económico Mundial establece que más de la mitad de todos los empleados (el 54%) deberá adquirir nuevas capacidades y mejorar las habilidades con las que cuentan en los próximos tres años.

El gran reto de formar profesionales en este momento es que estamos preparando jóvenes para puestos de trabajo que todavía no existen.

Tras la **revolución industrial**, se destruyeron muchos puestos de trabajo que fueron automatizados, pero se crearon muchos más. Esta **transición no fue automática**, pasaron unos 40 años entre la **destrucción de unos trabajos** y la creación de los otros. Una generación perdida, abocada al desempleo, con los consecuentes problemas sociales. A este intervalo se le llama la **pausa de Engels**.

La cuarta revolución industrial está creando **una nueva pausa de Engels**. Los patrones de consumo han variado, **muchos trabajos han desaparecido y muchos más van a desaparecer**, lo que plantea la cuestión de cómo mitigar, si no evitar, los efectos negativos del cambio tecnológico. Es decir, desarrollar medidas para maximizar los beneficios potenciales para la sociedad mediante acciones que faciliten **la flexibilidad y movilidad dentro del mercado laboral.** Una de estas medidas es la **evolución del modelo educativo** que mire al futuro desde una **perspectiva de capacitación y aprendizaje** a lo largo de la vida.

Según el Foro económico Mundial, el **crecimiento económico en los próximos años** se generará por cuatro **avances tecnológicos**: internet ubicuo y de alta velocidad, la inteligencia artificial, la adopción masiva de la analítica de datos y la nube.

A diferencia de las anteriores olas de digitalización que se basaban en el desarrollo de ordenadores, la fase actual se centra en la conectividad, las plataformas, los datos y el software.

Para moverse en el **mundo profesional futuro** es indispensable centrarse en **destrezas** que no puedan ser reemplazadas por ordenadores y algoritmos.

El 40% de las competencias genéricas clave que poseen los trabajadores actualmente deberá actualizarse para satisfacer las demandas de los mercados laborales futuros. Se anticipa que las **habilidades más demandadas en 2025** se clasificarán principalmente en cuatro tipos: resolución de problemas, autogestión, trabajo con personas, y desarrollo y uso de tecnología.

El **Informe sobre el Futuro de los Empleos del Foro Económico Mundial arrojó luz sobre las diez habilidades laborales más importantes para el próximo lustro**, en un contexto enmarcado por la irrupción tecnológica, la automatización de procesos productivos y la crisis pandémica por la COVID-19.

Las **habilidades más demandadas para el 2025** serán las siguientes:

	Competencias más demandadas	Tipo de competencia
1	Pensamiento crítico y de innovación	Resolución de problemas
2	Estrategias de aprendizaje activo	Autogestión
3	Análisis y pensamiento crítico	Resolución de problemas
4	Creatividad, originalidad e iniciativa	Resolución de problemas
5	Resolución de problemas complejos	Resolución de problemas
6	Control, monitoreo y uso de tecnología	Desarrollo y uso de tecnología
7	Flexibilidad, tolerancia y resiliencia	Autogestión
8	Influencia social y liderazgo	Trabajo con personas
9	Programación y diseño tecnológico	Desarrollo y uso de tecnología
10	Inteligencia emocional	Autogestión

*Fuente: Foro Económico Mundial "The future of Jobs 2020"

No se trata por lo tanto de adquirir únicamente conocimientos académicos sino de **fomentar la creatividad y la innovación**, capacidades que nos va a permitir diferenciarnos de las máquinas.

Las **habilidades**, por encima de los estudios o incluso de la experiencia laboral, se convierten en el **principal atractivo de la fuerza laboral** y se perfilan como complemento indispensable y diferenciador a los conocimientos. Surge una diferenciación del concepto que es clave para entender el futuro del trabajo: las habilidades duras o hard skills (los conocimientos) y las habilidades blandas o **soft skills** (las conductas).

> *No se trata [...] de adquirir únicamente conocimientos académicos sino de fomentar la creatividad y la innovación.*

Ambas serán básicas para el empleado, pero las segundas son las que marcarán su principal diferencia con las máquinas.

En cuanto a las **hard skills**, las más valoradas por el mercado están relacionadas con el Big Data, los desarrollos en Plataformas, la programación en entornos web, el diseño e implementación de bases de datos y la posesión de acreditaciones/certificaciones de programación. Además de todas aquellas vinculadas a tecnologías avanzadas como la computación en la nube, la inteligencia artificial, el blockchain, la robótica o el procesamiento natural del lenguaje.

Entre los **puestos de trabajo con mayor crecimiento** para los próximos años destacan los **analistas de datos, desarrolladores de software y especialistas de redes sociales**, en cuanto a los que están basados en el uso de la tecnología, según el Foro Económico Mundial. De ahí que se espere un crecimiento sostenido de dos roles relacionados con los mismos: el analista de datos y el científico de datos. Cuando parte de los trabajos están automatizados por máquinas, el **trabajo** resultante para las personas es generalmente **más interpretativo y orientado al servicio**, involucra resolución de problemas, interpretación de datos, comunicaciones y escucha, servicio al cliente y empatía, y trabajo en equipo y colaboración.

Eso obliga a las compañías a crear roles en continua evolución, con menos rigidez en su definición.

Upskilling, reskilling y lifelong learning son términos de actualidad. No sólo vale con los conocimientos con los que salimos de la universidad, sino que también tenemos que conocer las competencias más

demandadas por las empresas. Algunos ejemplos son las **Transformation skills** que son los conocimientos que permiten facilitar la transformación necesaria para la integración de soluciones digitales en las organizaciones, las **Distancing Skills** o competencias de diferente naturaleza necesarias para trabajar con éxito el distanciamiento físico, pero con cercanía digital y las ya nombradas **Soft Skills** o las habilidades y aptitudes transversales más relacionadas con habilidades sociales y comunicativas.

2. Rutas formativas tras la universidad

El **aprendizaje permanente** es una necesidad a la que nos enfrentamos cada día. En cualquier entorno en el que nos movamos es necesario mejorar nuestras aptitudes y competencias a lo largo de la vida para realizarnos, ya no sólo en el mundo laboral, sino también en el personal y poder contribuir y participar en la sociedad en la que vivimos. Por eso, los **conocimientos, capacidades y aptitudes de todas las personas deben evolucionar**.

La formación no finaliza en la universidad. El **ámbito universitario** es un magnífico entorno en el que **adquirir los fundamentos de conocimiento y aprendizaje sobre los que cimentar ese desarrollo futuro**, pero a partir de ese momento, **hay que continuar aprendiendo para no perder posicionamiento en el mundo laboral**. Y este desarrollo está condicionado por una continua y rápida sucesión de cambios en la sociedad, en la configuración del trabajo y en el contenido de las ocupaciones. Toda esta situación también se ha visto afectada por el desarrollo de nuevas tecnologías que ha facilitado el acceso a la información y ha provocado que la actividad de formación ponga más el acento en el qué y cómo aprender que en el qué y cómo enseñar. Valga como ejemplo la evolución de los nombres de las áreas dedicadas a esta tarea, conocidas tradicionalmente como Departamentos de Formación y ahora denominadas "Learning&Development", es decir, aprendizaje asociado al desarrollo.

Desde el punto de vista del empleado, la posibilidad de formarse a lo largo de su carrera profesional le proporciona una serie de beneficios, como son:

- **Mejor desempeño**, directamente relacionado con la adquisición de nuevas habilidades y capacidades.
- **Mejor perfil profesional**, adaptado a los requerimientos evolucionados del mercado laborar, lo que favorece el crecimiento profesional.
- **Mayor adaptabilidad a los cambios** y a los nuevos retos que puedan surgir.
- **Mayor satisfacción y motivación** que genera un mayor compromiso con la empresa.

Desde el punto de vista de las empresas, la formación permanente es la única manera de garantizar no perder competitividad en un entorno tan cambiante y retador. Para ello hay que poner a disposición de los profesionales una oferta formativa amplia y personalizable, que permita que cada uno de ellos pueda escoger de ese catálogo aquellas acciones que vaya necesitando en cada momento, creando de esa manera itinerarios o "leaning paths" que les ayuden en su desarrollo profesional.

> *Incentivar esta cultura de aprendizaje y desarrollo repercute en un entorno laboral más enriquecedor*

Incentivar esta cultura de aprendizaje y desarrollo repercute en un entorno laboral más enriquecedor, en el que se produce:

- **Aumento de la productividad**, gracias al desarrollo de nuevas habilidades y capacidades.
- **Incremento de la competitividad,** al contar o poder desarrollar con mayor rapidez los perfiles requeridos.
- **Mayor retención del talento**, gracias a los altos niveles de compromiso con la empresa.

El aprendizaje en el entorno de trabajo juega un papel principal a la hora de mejorar, actualizar y ampliar las habilidades de las personas. Para ello se diseñan programas de desarrollo de Upskilling y Reskilling que dotan a los profesionales del conocimiento y las capacidades para una mejor adaptación al entorno cambiante y a los retos que se presentan, lo que favorece un mayor aporte de valor en su trabajo y contribuye a su desarrollo personal y profesional.

Las **universidades** están llamadas a ser **actores clave para** ayudar a la sociedad y al tejido productivo a **enfrentar los desajustes de competencias profesionales** provocados por la automatización y la transformación digital, acelerados por la pandemia.

El **Lifelong learning** o aprendizaje a lo largo de la vida es una necesidad social que ya **está impactando en la oferta formativa de las universidades**, por lo que estaremos viendo con más frecuencia la aparición de nuevos formatos educativos como los nanogrados, las microcredenciales, o la extensión de la formación online e híbrida. Todo ello para llegar a capas de la población que necesitan actualizar sus competencias y que van más allá de los tiempos y contenidos propios de los estudios de grado o posgrado por todos conocidos.

3. La necesaria búsqueda de nuevos esquemas de vinculación entre Universidad y Empresa

Para poder continuar con esta evolución en las personas y los puestos, **la era digital ha dejado en evidencia el enfoque tradicional de la enseñanza**. La **educación** debe ser ágil, flexible ante los cambios tecnológicos, orientada a las habilidades duras y blandas más demandadas por el mercado y, como cambio fundamental, debe ser **continuada durante toda la vida**. Cobra fuerza el concepto de **lifelong learning** (aprendizaje durante toda la vida). El reto es mayúsculo: integrar el aprendizaje continuo en el flujo de la vida. Y eso implica un desafío mayor: la solución no solo debe estar integrada en la forma en la que trabajamos, sino en la forma en la que vivimos.

> *...integrar el aprendizaje continuo en el flujo de la vida*

La **Declaración de Bolonia en 1999**, supuso el inicio de una reflexión sobre el papel que debe desempeñar la universidad europea en el desarrollo de la sociedad del conocimiento y bienestar. Dicha Declaración, suscrita inicialmente por 29 países entre los que se encontraba España, sentó las bases para la creación de un Espacio Europeo de Educación Superior organizado conforme a ciertos principios (comparabilidad, cooperación, movilidad y calidad) y orientado hacia la consecución, entre otros, de **dos importantes objetivos estratégicos**: el incremento del empleo en la Unión Europea y la conversión del Sistema Europeo de Educación Superior en un polo de atracción para estudiantes y profesores/as de otras partes del mundo (MEC, 2006b). El desarrollo de un Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) permitiría el reconocimiento de las titulaciones y facilitaría la movilidad de los estudiantes universitarios, así como la integración de los titulados en un mercado laboral único. Lo que se pretendía con este sistema educativo era capacitar a los estudiantes para que utilicen con mayor amplitud y seguridad los conocimientos que reciban. Se trata de **"enseñar a aprender"** para que el alumno/a tenga como fin primordial en la Universidad "aprender a aprender", concibiendo esta etapa educativa como una más del "Aprendizaje a lo largo de toda la vida".

El problema del que adolece el **sistema universitario español** es en general el que venía teniendo la Formación Profesional, una **falta de conexión con el sistema productivo y una inadecuada orientación profesional**, lo que deriva en exceso en algunas titulaciones que no son absorbidas o son inadecuadas a la oferta de empleo y demanda de las empresas. De ahí que parte de la solución pase por replicar un modelo Dual, al modo de la FP.

Si en algo se plasma esta desconexión es en la **formulación excesivamente teórica de los programas formativos**, algo que se evidencia en el gran número de alumnos que abandonan sus estudios universitarios para cursar FP Dual (en Repsol tenemos casos de alumnos que tras cursar 2 o 3 años de Ingeniería Química, abandonan el Grado Universitario y se matriculan en un Ciclo Formativo de Grado Superior de Química Industrial).

Por otra parte, la **excesiva endogamia de un profesorado que mayoritariamente sólo tiene experiencia docente** hace **difícil esa permeabilidad necesaria entre Universidad y Empresa**. De ahí que se esté planteando, al igual que en la FP, la estancia de profesorado en la empresa como forma de acercamiento a la realidad laboral. Además de ser cada vez más frecuente la colaboración de expertos de empresa como profesores en las universidades.

Como se identificó en la **Cumbre "Empresas españolas liderando el futuro" organizada por CEOE en junio del año 2020**, entre otros elementos que evidencian una respuesta deficiente de las universidades a las demandas sectoriales, se pueden identificar:

- Respuesta más voluntariosa que sistemática por parte de las universidades.
- Falta de contacto habitual de la comunidad universitaria con la empresarial.
- Programas muy limitados de colaboración de universidades con empresas.
- Procesos burocratizados.
- Separación entre la formación, líneas de investigación y sector empresarial.
- Insuficiente investigación aplicada que responda a las necesidades de la empresa y de la sociedad. Investigación alejada de los térmicos empresariales: tiempo, coste, calidad, temática, etc.
- Pendiente la transferencia sistematizada y recíproca de tecnológica y del conocimiento entre la universidad y la empresa.
- El perfil de profesor universitario funcionario no favorece la movilidad profesional ni garantiza contar con los profesionales más cualificados de su área profesional.

Se puede afirmar por tanto que la **falta de una interactuación eficaz entre el mundo empresarial y el ámbito universitario**, sumado a la necesidad de mejoras en la gestión y gobierno de las universidades, **imposibilitan que se puedan afrontar los distintos retos identificados**, especialmente aquellos ligados a la dinamicidad de los cambios y la disrupción tecnológica.

Tradicionalmente, desde CEOE y CEPYME se ha reiterado la n**ecesidad de incorporar a las organizaciones empresariales en los órganos de representación institucional del ámbito universitario**, como es el caso del Consejo de Universidades, implicándolas así en su gobernanza para así aportar la visión del sistema productivo.

Independientemente de ello, resultaría necesario que se habilitara el marco adecuado para que se llevara a cabo una mayor y efectiva participación de los interlocutores sociales.

> *...la falta de una interactuación eficaz entre el mundo empresarial y el ámbito universitario, [...] imposibilitan que se puedan afrontar los distintos retos*

Entre otras medidas, es necesaria:

- **La incorporación al mundo empresarial**, de manera eficaz y continua, en la **definición y modernización de los currículos de Grado y de Postgrado**, y en su actualización, a fin de asegurar las competencias profesionales que los graduados deberán desarrollar en los entornos de desempeño laboral y la necesaria adaptación de los planes de estudio a los cambios permanentes que está sufriendo el sector productivo, agilizando los plazos y flexibilizando los criterios para la actualización/modificación de los planes de estudio por parte de las universidades.
- **Incremento de la participación de la universidad en el modelo de aprendizaje a lo largo de la vida** participando de los programas de aprendizaje permanente del mundo empresarial.
- **Desarrollo de una formación más práctica**, ya que los actuales egresados están alejados de las necesidades de los sectores productivos. Por ejemplo, incluyendo la enseñanza dual, al menos, durante los últimos años; fomentando también la enseñanza post universitaria dual o incluyendo el desarrollo de doctorados profesionales, para una especialización más práctica y enfocada al mercado laboral.
- **Dotación al cuerpo docente universitario de una mejor formación en recursos tecnológicos**, que les permita trabajar con plataformas tecnológicas y así poner en práctica nuevos modelos didácticos que permitan obtener los mejores resultados.
- **La Agencia Nacional de Acreditación y Calidad (ANECA),** debería incluir también la Prospectiva

Universitaria y, atendiendo a sus funciones, debería estar integrada por un 50% de representantes de las Organizaciones Empresariales para garantizar el valor de las acreditaciones de títulos y competencias, la calidad de la formación y organización de cada universidad y la prospectiva de los conocimientos y aptitudes necesarias.

- Establecimiento de **marcos sistemáticos de colaboración "Universidad-Empresa" para orientar eficazmente los esfuerzos en I+D+i y en transferencia del conocimiento**, así como la mejora del marco que regula la realización de estas actividades.

La importancia de la r**elación entre las Instituciones de Educación Superior y la Empresa** es indudable y constituye la **base para la evolución del país**. Desde la óptica educativa, una estrecha relación con el entorno empresarial proporciona a las universidades el contexto adecuado para incorporar en el proceso de enseñanza-aprendizaje las competencias más demandadas, tanto desde el punto de vista técnico como de habilidades evolucionando desde el foco en capacidades productivas a capacidades de aprendizaje.

4. La universidad española, hacia una orientación más práctica y transformadora

En España, existen aproximadamente 87 universidades reconocidas por las autoridades españolas y habilitadas para otorgar títulos académicos en España. Es muy difícil cuantificar el número de estas universidades que tienen ya una orientación más práctica y transformadora pero lo que sí que está claro es que existe una tendencia muy generalizada en todas ellas con foco en:

- Metodología más práctica.
- Centrada en el desarrollo de las personas.
- Orientada a las necesidades de la empresa y de la sociedad.
- Pensada para hacer frente a los retos del mundo real.
- La diversidad como ventaja competitiva.

Es importante que pasemos de un aprendizaje basado en la enseñanza a un modelo basado en el aprendizaje. Del modelo centrado en el profesor/a que entiende al alumno/a esencialmente como receptor de la enseñanza, fomentando la adquisición de conocimientos sobre todo a partir de la memorización y la comprensión, y planteando metodologías expositivas, se trabaja ahora en un **modelo basado en el aprendizaje centrado en el alumno/a, favoreciendo su implicación, actividad y protagonismo**. La enseñanza, por tanto, debe convertirse en un proceso que proporcione aprendizaje comprensivo y relevante a los estudiantes. Trabajar por competencias en entornos virtuales, mediante aprendizaje colaborativo, además de trabajar en el aula, en el día a día, potenciando el aprendizaje tanto autónomo como en grupo, supone una combinación de modelos y estrategias que hoy en día constituyen un reto para el profesorado universitario.

> *...aprendizaje tanto autónomo como en grupo*

En los últimos años, las universidades españolas han:

- Incorporado más grados STEM.
- Potenciado los grados en inglés o bilingües.
- Fomentado las tecnologías para la impartición de las clases.
- Desarrollado más convenios internacionales para fomentar las estancias en el extranjero de sus estudiantes.
- Reforzado los vínculos con empresas para poder ofrecer más posibilidades de prácticas para sus estudiantes.
- Favorecido el trabajo colaborativo en base a proyectos frente al trabajo individualizado tradicional.
- Puesto foco en el desarrollo de habilidades personales fomentando el emprendimiento, la innovación, el pensamiento crítico, etc.

Pero todavía queda un largo camino por recorrer.

ICADE- ICAI es un gran ejemplo de universidad focalizada en las necesidades del sector y las tendencias del mercado:

- Incorporando la analítica de datos en muchos de sus grados tanto en ICADE como en ICAI.
- Potenciando las experiencias internacionales de los alumnos con intercambios con grandes universidades en todo el mundo bien a través de Programas Erasmus o de convenios internacionales e incluso cuenta con programas de doble titulación (como por ejemplo E4 o en ICAI con las Grandes Ecoles de Francia).
- Sacando nuevos grados al mercado como el Grado en Ingeniería matemática e Inteligencia Artificial que se ha lanzado este curso 2021/2022.
- Ofreciendo a todos sus alumnos un Diploma en Habilidades Personales y Profesionales que, con un carácter eminentemente práctico, potencie las competencias profesionales más demandadas en el mundo de la empresa.

5. Universidad y Empresa en alianza en la investigación

Es en el **marco de la investigación** donde esta relación entre la universidad y las empresas ofrece un potencial de **aportación de valor más trascendente,** en especial ahora que nos enfrentamos con una especial necesidad de generar soluciones innovadoras a los retos sociales actuales como la transición energética.

> *...necesidad de generar soluciones innovadoras a los retos sociales actuales*

Es también donde aún tenemos un importante ámbito de mejora. Así lo destaca la Comisión Europea indicando como ámbito prioritario de actuación **la mejora de la transferencia tecnológica y la cooperación entre empresas, centros de investigación y universidades** (COTEC, 2020).

Sin embargo, en el marco educativo actual, tan sólo un 5% de los estudiantes desarrollan un doctorado, indicador que nos muestra el escaso valor que se percibe en España a la carrera investigadora. Así, **tan solo el 0,7% de la población en nuestro país cuenta con estudios de doctorado** por detrás de países como Estados Unidos (2%), Reino Unido (1,4%) o Alemania (1,4%).

A pesar de ser una proporción pequeña de la población, se trata de una parte muy importante que, como país, **deberíamos potenciar** pues participa del desarrollo de innovaciones futuras mediante investigaciones relevantes para la sociedad. Adicionalmente, de nuevo es en este ámbito donde se debería potenciar e incrementar la **participación de las mujeres** que, si bien alcanzan estudios superiores en mayor proporción que los hombres, esta situación se invierte para el nivel de doctorado limitando la perspectiva de género en la investigación (Ministerio de Educación y Formación Profesional, 2019).

Es importante que todos los **actores involucrados** en este desarrollo de la innovación tomen un **papel más activo en el impulso de la actividad investigadora**. Así las empresas debemos generar frecuentes oportunidades de colaboración en proyectos relevantes que formen parte de nuestra misión actual, así como del desarrollo futuro de nuestras actividades. Las **universidades** pueden incrementar su contribución evolucionando hacia un enfoque más colaborativo desde el doctorado como herramienta para el desarrollo individual que permite el acceso a la docencia universitaria, hacia una perspectiva con un marco investigador más amplio que trascienda lo individual. La **Administración Pública**, por su parte, creando un marco de relación más fluido con programas específicos que lo impulsen y lo desarrollen.

6. Las vocaciones STEAM y el futuro del empleo. El riesgo creciente de la brecha de género

En 2016 Naciones Unidas llamó a los estados a comprometerse con 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), creando una agenda que culminará en 2030. Estos objetivos ponen atención en aspectos que contribuyen a que esta transformación tenga muy en cuenta los tres ejes del desarrollo sostenible: económico, social y medioambiental.

Uno de estos objetivos pone su mirada en la **igualdad de género**, entendiéndola como un **elemento vertebrador de todos los ejes de la sostenibilidad**. Sin embargo, quedan todavía múltiples retos por resolver en este ámbito.

En concreto, se observan riesgos asociados a la desigual participación en el mundo laboral. Esta situación se enmarca en el **futuro del trabajo** y las profesiones emergentes ligadas al desarrollo de la Cuarta Revolución Industrial, y está relacionada con **la baja participación de las mujeres en profesiones de ciencia, tecnología, ingeniería, artes y matemáticas (STEAM)**, donde las mujeres están tradicionalmente infrarrepresentadas.

Esta menor participación de las mujeres en el desarrollo de la ciencia y la tecnología es costosa en términos económicos, ya que presenta un importante coste de oportunidad.

En este contexto, **todos los agentes sociales**, incluidas las empresas, estamos llamados a contribuir, desde nuestra actividad, a alcanzar la **evolución social necesaria para la plena participación de la mujer en la sociedad**. No sólo, aunque es evidente su importancia, desde la equidad e igualdad de oportunidades, sino también desde una perspectiva de desarrollo económico.

> *...todos los agentes sociales [...] estamos llamados a contribuir [...] a alcanzar la evolución social necesaria para la plena participación de la mujer en la sociedad*

En lo que se refiere al ámbito de la investigación, por ejemplo, es mucho menos probable que las mujeres figuren como inventoras en las solicitudes de patentes relacionadas con el sector de la energía.

Como alerta el World Economic Forum, si las tendencias actuales de la brecha de género en la industria persisten y la transformación del mercado laboral hacia funciones nuevas y emergentes en los campos relacionados con la informática, la tecnología y la ingeniería sigue superando el ritmo al que las mujeres se incorporan actualmente a ese tipo de empleos, las mujeres corren el riesgo de perder las mejores oportunidades de trabajo del futuro, al tiempo que se complican los procesos de contratación para las empresas debido a una restricción de solicitantes y se reduce el dividendo de la diversidad dentro de la empresa.

En España la tendencia es similar al resto del mundo. Si bien el número de mujeres matriculadas en estudios universitarios supera al de los hombres con un 55,6% de representación, **sólo el 32,3% participa de estudios de la rama STEM**, siguiendo la tendencia europea, así como de la mayoría de los países OCDE.

Sin embargo, el problema, no se limita a la baja atracción que tienen estos estudios para las mujeres. La situación se agrava con su índice de abandono, significativamente más alto que otros estudios.

7. Amenazas y oportunidades de la robotización en los entornos tecnológicos

El **sector de la energía** vive una **revolución industrial sin precedentes** con efectos diferidos a medio y largo plazo. Al menos hasta 2050, el petróleo y el gas mantendrán una cuota de liderazgo del 71% como fuentes de aprovisionamiento energético, según las últimas estimaciones del Foro de Países Exportadores de Gas (GECF), pero la transición energética hacia una economía descarbonizada, que cumpla los compromisos de la Agenda 2030 de Naciones Unidas, ya es una realidad.

Las compañías de referencia en Europa se han puesto manos a la obra para encarar el reto, **evolucionando su modelo de negocio global** tanto desde una **perspectiva de la producción como de la aproximación al cliente** para ser emisoras netas cero para el 2050.

La **inteligencia artificial** y el **Big data** serán el corazón de la refinería del futuro; **Robótica, 5G** e **Internet industrial** de las cosas conectarán la industria. 4.0.

La robotización es una de las principales palancas de Repsol en su estrategia de transformación digital para incrementar la eficiencia y seguridad en todos sus procesos. Actualmente la compañía ya ha logrado automatizar más de 100 procesos gracias a la tecnología RPA y está avanzando en la incorporación de componentes que doten de mayor inteligencia a los robots ya desplegados.

En España, **Repsol** está abordando el desarrollo de la **fábrica del futuro**, cuyo objetivo es crear complejos industriales que puedan romper barreras tecnológicas y que fomenten una nueva cultura de diálogo entre personas y máquinas.

Todos estos cambios van a suponer una evolución de los perfiles y los puestos de trabajo demandados para el futuro, cobrando especial importancia la tecnología de registros distribuidos (DLT)/blockchain, la inteligencia artificial, la realidad extendida y la computación cuántica.

Todas estas tecnologías confluirán en la planta que Repsol **proyecta abrir en 2023 en Bilbao**. Será la primera planta industrial "nativa digital" de la Compañía, en la que se combinará el hidrógeno renovable —energía 100% limpia— con el CO2 como materia prima. Paralelamente, la compañía transformará sus actuales complejos industriales (A Coruña, Puertollano, Cartagena, Tarragona) en hubs multienergéticos que generen combustibles de baja, nula o negativa huella de carbono.

Con la aplicación de estas nuevas tecnologías **los puestos del entorno industrial van a evolucionar**, el operador ya no tendrá que tomar decisiones basadas en experiencias pasadas, sino que estará arropado por un equipo con tecnología digital que le ayude a tomar una mejor decisión mediante el desarrollo llevado a cabo por Repsol de aplicaciones para dispositivos móviles.

La **realidad virtual y la realidad aumentada** también **contribuirán a la mejora de la eficiencia y la seguridad** en el complejo industrial, que contará con un d**espliegue masivo de sensores gracias al 5G y al Internet industrial de las cosas**. La robótica, por su parte, facilitará automatizar tareas repetitivas o con componentes de riesgo y permitirá que nos centremos en labores de mayor valor añadido.

La digitalización y la tecnología para una producción baja en emisiones marcan el camino de un sector en plena reinvención.

Otra experiencia interesante es la que Repsol tiene en el Tech Lab en el que cuenta con dos hubs de robótica, uno de hardware y otro de software, para el desarrollo y despliegue de robots físicos y de software que descarguen a los empleados de tareas rutinarias o que desempeñen trabajos que puedan suponer un hipotético riesgo en las instalaciones industriales.

El **centro de investigación Repsol Technology Lab (Tech Lab) de Móstoles desarrolla tecnologías disruptivas para su posterior implantación en la empresa**. En este centro, que acoge el hub de robótica de hardware, se prueban cuatro tipologías: robots logísticos, sistemas de automatización de almacenes, brazos robóticos colaborativos, y brazos robóticos para la apertura y cierre de equipos industriales.

El impacto económico de la introducción de robots se estima en más de 3 millones de euros para 2021 sólo en el Tech Lab, una cifra que se incrementará significativamente cuando la robotización se extienda a todos los negocios de la compañía.

El **primer robot logístico de transporte autónomo** (AGV, por sus siglas en inglés) de Repsol ya realiza el reparto diario de muestras y equipos entre el almacén y los distintos laboratorios del complejo de edificios del Tech Lab, aportando eficiencias como hacer transportes en horarios que no interfieren en el trabajo de los laboratorios, entregas planificadas, pero también a demanda, sin depender de que haya alguien disponible, y con una capacidad de carga mucho mayor que la de una persona, con lo que puede optimizar la ruta de reparto. Sin embargo, su mayor aportación es que **libera a los expertos técnicos de un trabajo de poco valor añadido** para que se centren en tareas más valiosas, como la toma de decisiones.

Contamos con dos **brazos robóticos colaborativos,** que retiran y reponen los envases, agitan muestras o limpian los útiles para evitar las contaminaciones cruzadas, han logrado que la planta piloto de bases lubricantes del Tech Lab funcione las 24 horas de forma completamente automatizada. Con esta inversión se ha conseguido incrementar hasta cinco veces la capacidad de esta planta, donde se rea-

lizan las nuevas formulaciones para el área de Lubricantes de Repsol, mejorando la respuesta a un negocio en plena expansión internacional.

Además de una mayor eficiencia, el robot evita errores en una tarea en la que se maneja mucha información, y, sobre todo, permite que los técnicos puedan desprenderse de un trabajo tan monótono, como es la comparación de datos.

Este panorama global nos lleva a ser cada vez más conscientes de la **necesaria evolución de nuestros perfiles profesionales,** en los que debe **primar la capacidad de análisis y la interpretación de resultados.**

Referencias

- CEOE, CEPYME. (1 de septiembre de 2021). Análisis y propuestas empresariales para la reforma del sistema universitario. Departamento de Educación y Formación.
- COTEC. (2020). Propuestas de Actuación. El modelo de formación dual en las titulaciones universitarias. https://cotec.es/proyecto/universidad-formacion-profesional-y-formacion-dual/907f899a-9cf4-4124-dc7b-74d694a94e71
- Fundación CYD. (17 DE MARZO DE 29021). Reskilling y upskilling: la importancia de la formación continua en las empresas. https://www.fundacioncyd.org/reskilling-upskilling-formacion-continua-empresas/
- Humphries, J. y Scheider, B. (2020). El trabajo del siglo XXI. El Trimestre Económico. 87(2). 551-563. https://www.researchgate.net/publication/340425745_El_trabajo_en_el_siglo_XXI
- Mayorga, M.J. y Madrid, D. (2010). Modelos didácticos y Estrategias de enseñanza en el Espacio Europeo de Educación Superior. Tendencias Pedagógicas. 15(1). https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3221568.pdf
- Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. (2015). Plan estratégico de aprendizaje a lo largo de la vida. Secretaría General Técnica. Centro de Publicaciones. https://sede.educacion.gob.es/publiventa/d/20676/19/0
- Ministros Europeos. (1999). Declaración de Bolonia. Declaración conjunta de los ministros europeos de educación. Bolonia. http://eees.umh.es/contenidos/Documentos/DeclaracionBolonia.pdf
- Shapiro, H., Andersen, T y Nedergaard, K. (2020). A European approach to micro-credentials. European Commission. https://ec.europa.eu/education/sites/default/files/document-library-docs/european-approach-micro-credentials-higher-education-consultation-group-output-final-report.pdf
- World Economic Forum. (20 de octubre de 2020). The Future of Jobs Report. https://www.weforum.org/reports/the-future-of-jobs-report-2020/in-full/infographics-e4e69e4de7

Carmen Muñoz Pérez, directora Corporativa de Personas y Organización y miembro del comité ejecutivo de Repsol, es la nueva presidenta del Consejo Asesor de DCH – Organización Internacional de Directivos de Capital Humano – para continuar con la labor de la organización, expandiendo internacionalmente el rol del directivo de RR.HH.

Además, es licenciada en Derecho y en Administración y Dirección de Empresas por la U.P. Comillas (ICADE) y ha cursado programas de Desarrollo Directivo (PDD) de Repsol y ESADE.

Carmen, que hasta diciembre de 2020 desempeñó el cargo de directora ejecutiva de GLP en Repsol, se incorporó a la compañía en 1994, en el área de Aviación, ocupando desde entonces distintas posiciones staff y de soporte en los negocios comerciales (estaciones de servicio, ventas directas, lubricantes y especialidades y GLP) tanto para el ámbito local como el internacional.

En 2014 pasa a ocupar la dirección de Estrategia y Desarrollo de Negocios Comerciales hasta mayo 2016, en el que asumió la dirección de Fidelización y Pricing en estaciones de servicio España.

Ha colaborado y liderado equipos multidisciplinares, impulsando el desarrollo de personas de alto potencial, generando y gestionando proyectos de transformación, en coordinación transversal con diferentes áreas del Grupo y participando en diversos proyectos con terceros para el desarrollo de la actividad de puesta a bordo de Aviación en España, proyecto de Desarrollo de LNG en Estaciones de Servicio con GN Fenosa, JV con Klikin en el lanzamiento de Waylet o acuerdos con Total y DKV para el proyecto de Desarrollo internacional de Solred.

Mesa 1 / Ponencia 6

LA UNIVERSIDAD COMO PRIMER EMPLEADOR

Lucía Güitta López. *Investigadora en formación y estudiante de doctorado. Instituto de Investigación Tecnológica (IIT).*

1. Introducción

El proceso de toma de decisiones consiste en escoger una opción de entre un conjunto existente de éstas. Dentro del grupo de posibles alternativas no todas tienen por qué tener la misma probabilidad de ser seleccionada puesto que, a cada una de ellas, les acompañan una serie de pros y contras que la persona que debe realizar la elección tiene que analizar y sopesar. Si bien se trata de un procedimiento que suele resultar complejo, cuanta más información y más conocimiento se tengan de todas las alternativas se puede afirmar que la decisión estará más fundamentada y, posterior a la elección, habrá menor riesgo de tener que modificar la elección, aun sabiendo que éste nunca será nulo debido a la inevitable componente estocástica del problema.

El primer proceso de toma de decisión que una persona realiza en relación a su futuro profesional es la elección de la formación que desea cursar una vez que finaliza los Estudios Secundarios Obligatorios. Posteriormente, en caso de haber elegido seguir estudiando, se debe elegir la rama en la que se van a cursar los estudios de Bachillerato. Esta decisión tiene implícita la siguiente disyuntiva que habrá que afrontar, que es la decisión de qué estudios universitarios cursar. Pese a que, gracias a la amplia oferta que las universidades españolas ofrecen, no es necesario concretar dicha elección en este punto, si es necesario tener una noción sobre el sector al que se quieren orientar los estudios universitarios puesto que, en función de ello, cada rama proporcionará un camino diferente, en ocasiones incompatibles entre sí, hacia el siguiente punto de toma de decisión. Rápidamente, tras dos años, aparece la siguiente parada en el trayecto, la elección de la carrera que se quiere cursar, así como la universidad donde se van a realizar los estudios.

Al igual que en la elección anterior, esta resolución contiene implícita la necesidad de mirar hacia adelante y preguntarse qué trabajo es el que se quiere realizar, a qué estudios invertir una media de 5 – 6

años sin perder la motivación, si se tiene una vocación que seguir, y un largo etcétera de preguntas que requieren cierto nivel de introspección y conocimiento de sí mismo por parte de la persona. Aunque la toma de decisión de los estudios universitarios y la universidad en cuestión no es irreversible, sí que se debe realizar con detenimiento puesto que el peaje que se debe pagar por cambiar la elección pueden ser años de estudio perdidos y, en consecuencia, una inserción en el mundo laboral más tardía. Así pues, durante este período da comienzo una etapa completamente distinta a las anteriores en las que el individuo comienza con un mayor nivel de madurez y autonomía, los cuales se irán incrementando con el tiempo. Año a año va perfilando sus habilidades profesionales y personales en base a las primeras experiencias laborales que se adquiere en las "Prácticas en Empresas" que se realizan durante la carrera, ganando por lo tanto vivencias que le permitirán estar más preparado para enfrentarse al tremendo salto al vacío que supone la búsqueda y elección del primer empleo.

En este ensayo se expondrán en la sección 2 en primer lugar las salidas laborales más interesantes para los ingenieros industriales recién graduados. En el apartado 3 se realiza un análisis a distintos niveles sobre el contexto de la universidad como opción de primer empleo. A continuación, en el punto 4 se señalan las principales diferencias entre universidad y empresa como primeros empleadores. La sección 5 recoge algunos de los motivos que pueden ser determinantes para elegir hacer una tesis doctoral al finalizar los estudios de Máster. Finalmente, el apartado 6 en el que se expone una breve reflexión personal, así como las ideas principales expuestas a lo largo de este escrito.

2. Opciones laborales para recién graduados en ingeniería

La figura del ingeniero, y más concretamente el del ingeniero industrial, es un perfil que en general presenta una gran capacidad de adaptación a distintos sectores laborales, abarcando estos desde banca hasta trabajo en una manufactura desarrollando tareas relacionadas con los procesos de producción o en un nivel de gestión. Este hecho se debe a que el aspecto más valorado por las empresas a la hora de cubrir determinados puestos no es la cualificación o conocimientos técnicos, sino las aptitudes relacionadas con la capacidad analítica, de organización y de resolución eficiente de problemas que se adquieren y depuran durante los estudios universitarios.

> *La figura del ingeniero [...] industrial, es un perfil que en general presenta una gran capacidad de adaptación a distintos sectores laborales...*

Tras el complejo proceso de toma de decisiones que se realiza hasta llegar al punto de elección del primer empleo, cabe destacar la importancia de dicha decisión de cara a la proyección laboral del individuo. Según un estudio realizado en 2018 por Burning Glass Technologies y Strada Education Network, el 43% de los graduados sufren subempleo en su primer trabajo, esto es, desempeñan un trabajo que requiere menor cualificación de la que tienen. Dicho fenómeno afecta en menor medida a los estudiantes de carreras científicas y técnicas. Esta investigación también demuestra la relevancia del primer empleo de cara a la proyección laboral, ya que un 87% de las personas que comenzaron desempeñando tareas acordes a su potencial continuaron trabajando y creciendo laboralmente durante 5 años de forma adecuada, frente al 33% que pudieron conseguirlo después de haber sufrido desempleo en sus primeros pasos en el mercado.

Tal y como se ha comentado previamente, es evidente la dificultad e incertidumbre que conlleva la elección del primer proyecto laboral al que unirse, pero éstas pueden ser reducidas considerablemente si se dispone de la información adecuada respecto a todas las posibles alternativas, evitando así situaciones de subempleo o insatisfacción con el trabajo que se desempeña.

En el informe realizado por Universum titulado "The World's Most Attractive Employers 2020" se sondearon a 235.000 estudiantes, de los cuales aproximadamente un 54% eran estudiantes de ingeniería o TIC, pertenecientes a las doce economías más influyentes del mundo, con la finalidad de descubrir qué factores influyen en su decisión sobre la elección de un trabajo, y cuáles son los empleadores que los estudiantes más valoran. Algunas de las conclusiones obtenidas en este estudio se enumeran a continuación:

- **La industria de la automoción y la industria tecnológica son las grandes ganadoras en 2020**. La innovación en ambos sectores resulta ser clave para su mejora en el posicionamiento con respecto al resto de opciones, aunque, se debe señalar, que es posible que la automoción no sea capaz de mantenerse debido a su bajada en las ventas y los efectos de la pandemia en las compañías de car-sharing.
- **Algunas de las salidas profesionales que solían ser las preferidas por los estudiantes como banca o consultoría estratégica son menos buscadas en 2020.** En su lugar, opciones laborales relacionadas con la inteligencia artificial, automoción, y energías renovables, entre otras, adelantan a las clásicas favoritas.
- **Las fuerzas disruptivas del trabajo remoto o teletrabajo recalibrarán lo que los empleados buscarán en un empleador**. La cultura de las empresas deberá cambiar para afrontar el nuevo reto de formar e integrar nuevos miembros que no vayan tan asiduamente a la oficina, que trabajen desde otros países, o que nunca vayan a coincidir en persona.
- **Las compañías que son percibidas como innovadoras son las que más han subido dentro de la clasificación con respecto a años pasados.**

Continuando con el análisis de los resultados que arroja este estudio, cabe destacar que, dentro del grupo de estudiantes de ingeniería, las 5 industrias predilectas a la hora de buscar empleo son: 1) Computer Software and Technology; 2) Aeroespacial y Defensa; 3) Ingeniería Mecánica e Industrial; 4) TIC y Consultoría Tecnológica; y 5) Automoción.

En lo relacionado con aquellos atributos que más valoran de un empleador, esta investigación recoge que tanto chicos como chicas valoran muy positivamente un buen entorno de trabajo, la posibilidad de tener en un futuro un salario elevado, y la innovación. Sin embargo, mientras que las ingenieras también dan importancia al desarrollo profesional, la formación que puedan ganar, y que se trate de un empleo estable, los ingenieros estiman más tener un salario base competitivo, y un entorno de trabajo creativo y dinámico.

Así pues, siguiendo la reflexión de Richard Mosley, director de estrategia en Universum, los estudiantes basan la elección del primer empleo en industrias que promuevan y actúen en base a la innovación, siendo evidentemente la industria tecnológica la preferida, pero incluyendo también dentro del abanico de posibilidades, compañías de otros sectores que trabajan con inteligencia artificial, robótica o automatización. Sin duda, lo que el recién graduado busca hoy en día es ser parte del cambio que está viviendo la sociedad con la llegada de las nuevas tecnologías, y tener un alto impacto en la misma a través de su trabajo.

> *...lo que el recién graduado busca hoy en día es ser parte del cambio que está viviendo la sociedad*

Una vez que se han descrito cuáles son las aspiraciones de los estudiantes a la hora de buscar su primer empleo, falta responder a la pregunta de qué empresas o instituciones creen que satisfacen esos propósitos y fines. En este aspecto, no sorprende que las 50 empresas mejor posicionadas en el ranking del estudio de Universum sean compañías ampliamente conocidas, con una fuerte deriva tecnológica, y/o una fuerte componente de desarrollo e innovación. Muchas de estas corporaciones aparecen también como las predilectas en el informe que se desarrolló a nivel nacional entre los estudiantes españoles.

3. Contexto en la OCDE y a nivel nacional sobre la universidad como primer empleador

De acuerdo con el artículo de Luis F. Santos Meneses, et al. titulado "Cultura de la investigación en la Universidad. Estudio realizado en una unidad académica de la Universidad San Gregorio de Portoviejo", un claro indicador del nivel académico de la Universidad es su cultura de investigación, puesto que la esencia de la Academia es la investigación, no se entienden la una sin la otra.

Dicha labor es realizada por grupos de investigación que se especializan en una determinada temática, y los cuales suelen estar compuestos por: investigadores senior con experiencia en el campo de estudio y en posesión de un título de doctorado, investigadores de postdoctorado los cuales son ya doctores, pero con menos años de experiencia, y los estudiantes de doctorado, que ejercen como investigadores en formación, y que por lo general suelen ser alumnos recién graduados que quieren continuar su formación y orientar su carrera profesional a la investigación y/o docencia. Por lo tanto, la Universidad como primer empleador oferta puestos para cubrir vacantes de estudiantes de doctorado con vista a que realicen la tesis doctoral y formarlos como investigadores durante un periodo de 3,5 – 5,5 años.

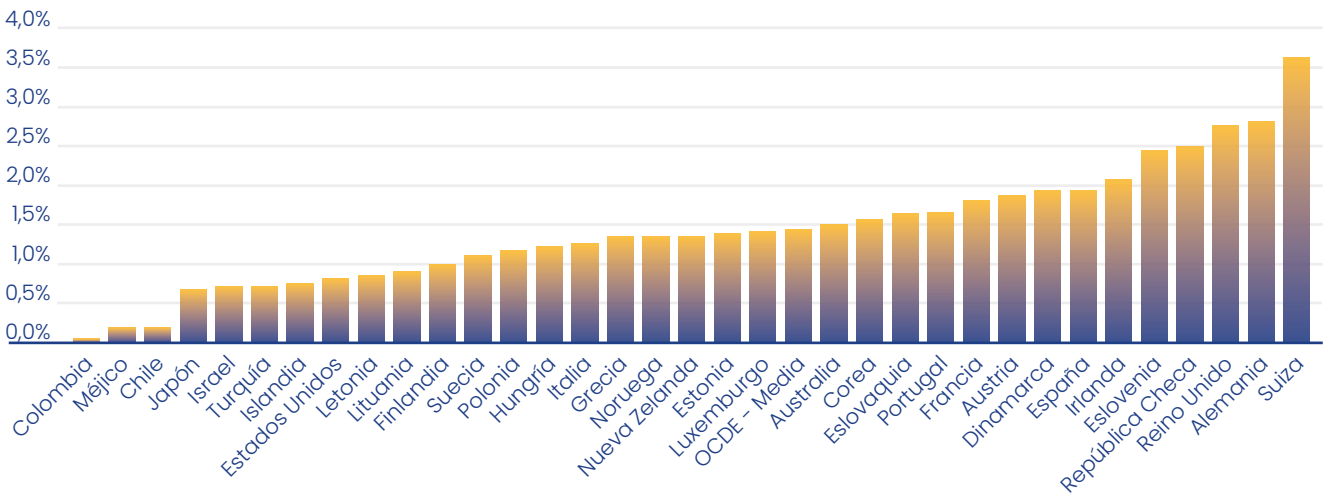
De acuerdo a todo ello, y según recoge la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos) en su informe "Education Indicators in Focus" se puede afirmar que los estudiantes de doctorado tienen un papel fundamental en términos de crecimiento económico e innovación, derivados por su labor en la investigación científica. Así mismo, en esta publicación se recogen datos que afirman que las personas con una titulación de investigación avanzada tienen una mayor tasa de empleo aún en épocas de crisis económica como la sufrida en 2008. Por otro lado, también se concluye que, una vez finalizados los estudios, el sector de empleo elegido por más del 60% de los doctores es la Educación Superior, pese a que la remuneración es considerablemente más elevada en el sector empresarial, llegando a ser esta diferencia de casi un 25% en el caso de Estados Unidos.

En los siguientes apartados se aportan datos relativos al contexto en la OCDE, y a nivel nacional sobre la Universidad como empleadora para estudiantes de doctorado.

3.1 MARCO OCDE

En el gráfico 1 se presentan los datos relativos a la estimación de personas menores de 30 años que se matricularán en 2019 como doctorandos. Tal y como se aprecia, la media de la OCDE se sitúa en un 1,4% mientras que, en España, la estimación de personas menores de 30 años que comenzarán un programa de doctorado se sitúa en un 1,9%, siendo Reino Unido, Alemania y Suiza los países con mayor porcentaje de doctorandos de primer año.

Gráfico 1. Porcentaje de personas menores de 30 años que comenzaron el doctorado en 2019.



Elaboración propia. / Fuente de los datos: OCDE.Stat, Education at Glance.

En el siguiente gráfico se muestra el porcentaje de alumnos que, habiendo escogido el doctorado, su programa pertenece a la rama de las TIC o de la ingeniería. En este caso, el país líder de forma destacada es Corea con una ratio de un 41%, seguido de Finlandia y Nueva Zelanda, cuyos porcentajes son 35% y 32% respectivamente.

En base a los datos aquí analizados, se puede observar como la Universidad como primer empleador no es una opción muy demandada por los recién graduados, puesto que, en el mejor de los casos, apenas el 4% de los estudiantes que han finalizado estudios de máster y tienen menos de 30 años se decantan por esta vía de empleo y proyección laboral. Las posibles causas de este fenómeno se desarrollan en el apartado 4 de este ensayo. Por otro lado, en lo relativo al análisis de las áreas en las que se matriculan los doctorandos, se puede afirmar que la tendencia en relación a las TIC y la ingeniería suele ser cubrir entre un 10% y un 25% de la demanda total.

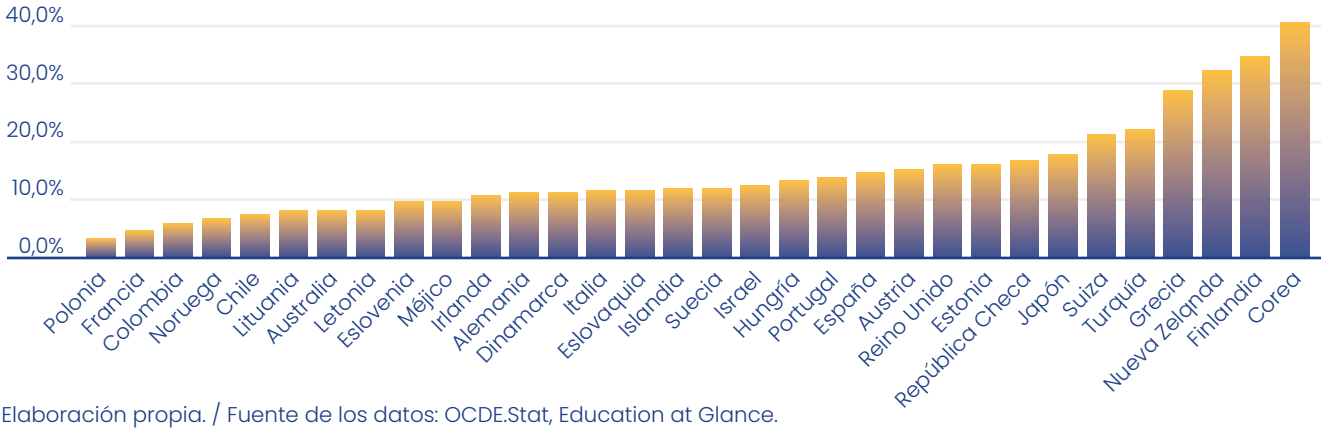
3.2 MARCO NACIONAL

En esta sección se muestran los datos proporcionados por el Ministerio de Universidades del Gobierno de España sobre las tesis doctorales presentadas en 2019.

Según el gráfico 3, el número de tesis doctorales defendidas en 2019 subió casi un 20% con respecto al año anterior. Es llamativo el descenso que ha sufrido este indicador en relación a los años 2016-2017, cuando la cifra de tesis leídas era aproximadamente un 50% superior. Según el Ministerio esto se debe a la "extinción de regulaciones de doctorado anteriores al Real Decreto 99/2011", las cuales fueron consolidadas en 2016. En 2019 el 50,2% de las tesis aprobadas fueron defendidas por mujeres.

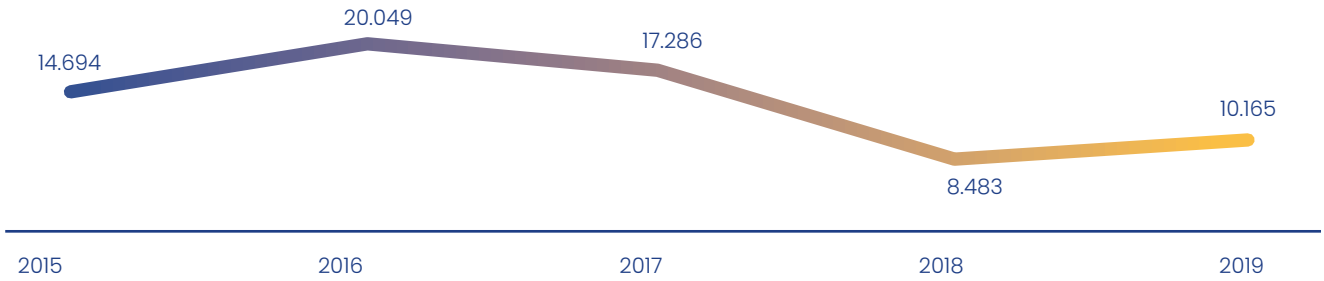
La mayor parte de personas que finalizaron sus estudios de doctorado tenían entre 24 y 34 años, siendo un 10% mayor la proporción de personas entre 30 y 34 años con respecto a la población de 24 a 29 años. El tiempo medio dedicado a la elaboración de la investigación fue de 4,4 años.

Gráfico 2. Porcentaje de doctorandos cuyo programa de doctorado se enmarca dentro de las TIC o ingeniería en 2019.



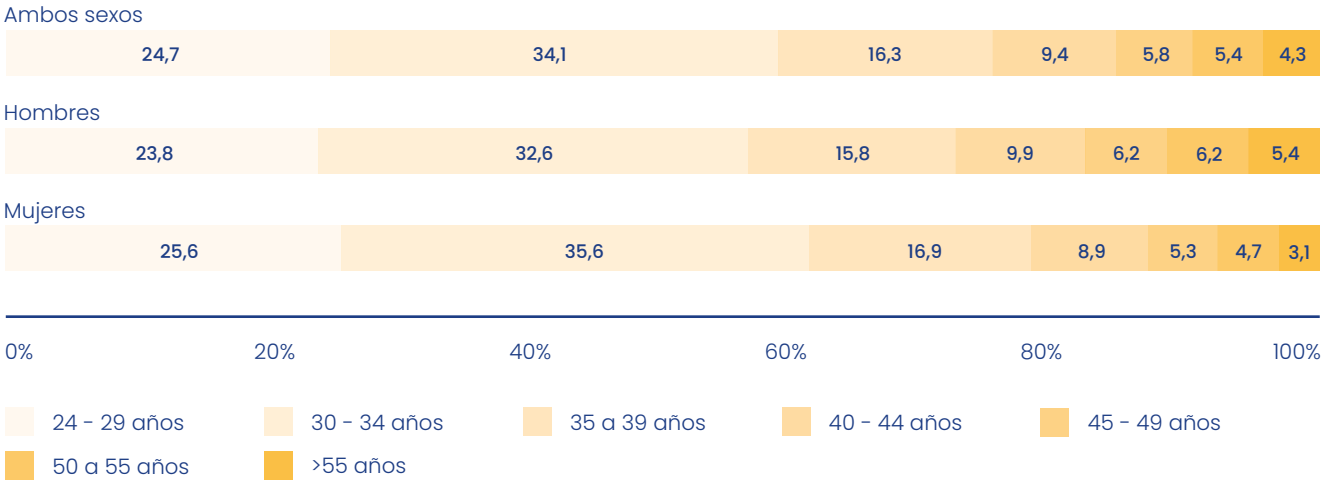
Elaboración propia. / Fuente de los datos: OCDE.Stat, Education at Glance.

Gráfico 3: Número de tesis defendidas de 2015 a 2019.



Fuente: Ministerio de Universidades, Gobierno de España.

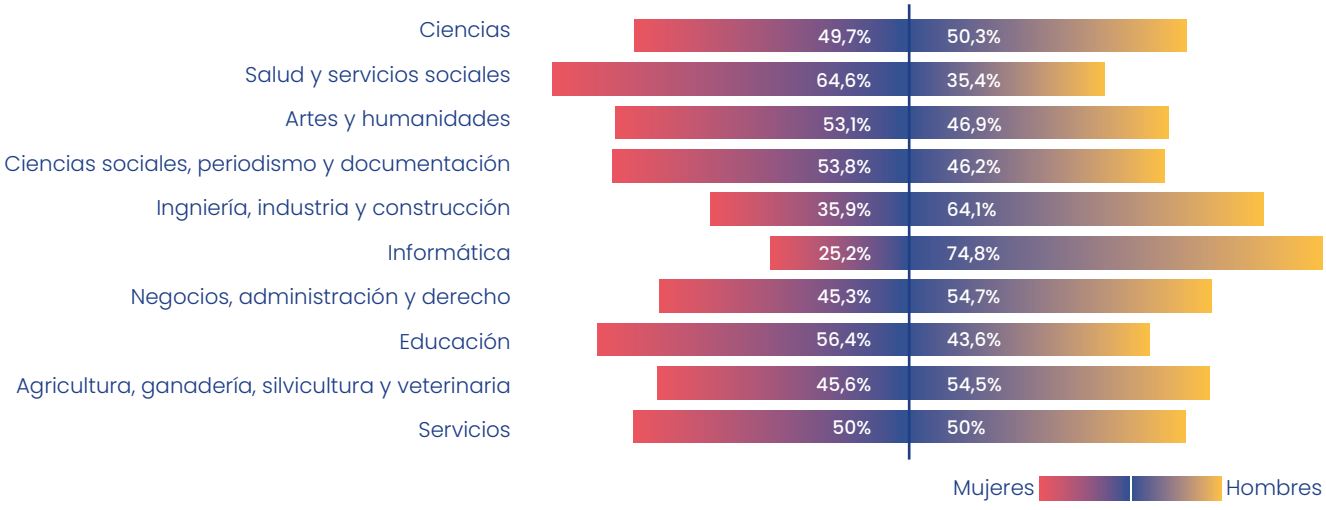
Gráfico 4. Distribución por rangos de edad de las tesis defendidas en 2019.



Fuente: Ministerio de Universidades, Gobierno de España.

Por último, cabe destacar las áreas en las que se desarrollaron las tesis doctorales. Englobando la ingeniería e informática, en 2019 se defendieron un total de 1288 tesis, lo cual supone algo menos de un 10% del total de lecturas realizadas. En estas especialidades, se observa como el porcentaje de investigaciones presentadas por hombres es claramente superior al de las defendidas por mujeres, siendo la diferencia de aproximadamente un 50% en el caso de informática y de un 30% en ingeniería.

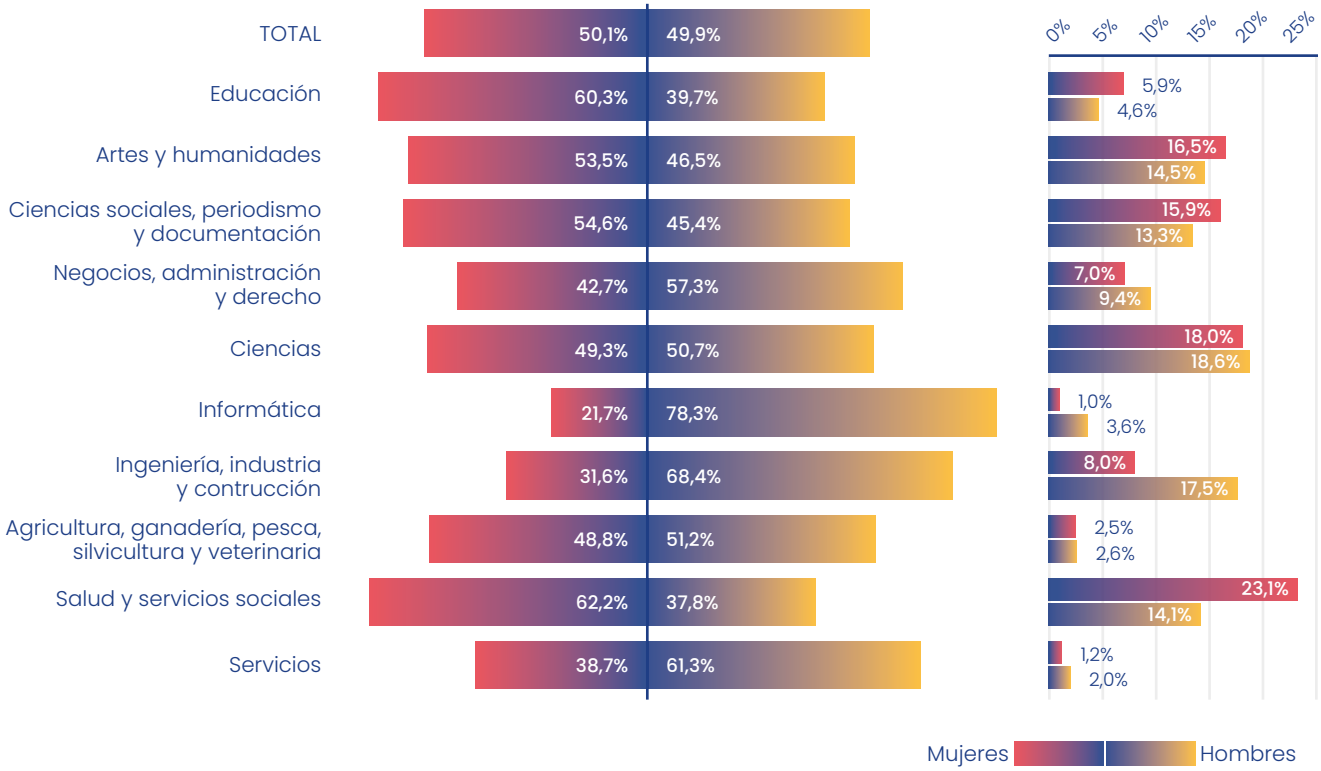
Gráfico 5. Distribución por ámbito de estudio y sexos de las tesis defendidas en 2019.



Fuente: Ministerio de Universidades, Gobierno de España.

Esta tendencia, lejos de irse atenuando, es previsible que se incremente puesto que, según los datos proporcionados por el Ministerio de Educación Y Formación Profesional, en el curso académico 2019-2020 el porcentaje de mujeres matriculadas en estudios de doctorado en informática e ingeniería era de un 22,3% y un 32,3% respectivamente, frente al 81% y 71,6% de los hombres matriculados en estas especialidades.

Gráfico 6. Distribución del alumnado matriculado en estudios de doctorado por sexo y ámbito de estudio durante el curso 2019-2020



Fuente: Ministerio de Universidades, Gobierno de España.

Con las distintas estadísticas que se han mostrado a lo largo de esta sección queda reflejado que la Universidad como primer empleador no es apenas tenida en cuenta por los recién graduados, ni a nivel global ni nacional. Cabe entonces preguntarse a qué se debe este hecho, cuando a priori se satisfacen los requisitos de innovación y componente tecnológica, así como la opción de un salario futuro competente, que eran los factores más valorados tanto por hombres como mujeres estudiantes.

4. Principales diferencias entre empresa y universidad

Sin duda son varias las diferencias entre el trabajo en una empresa y el que se puede desempeñar en la Universidad como investigador en formación. En primer lugar, mientras que una compañía te ofrece la posibilidad de explorar y aprender desde conocimientos técnicos hasta asuntos más relacionados con la gestión mediante la participación en diferentes proyectos, en la Universidad, todo el trabajo e investigación que se realiza estará orientado a un ámbito muy específico del que la persona se acabará convirtiendo en especialista; si bien se pueden realizar proyectos que a lo mejor permiten salir ligeramente del camino, lo común es que todo el desarrollo profesional durante esos años este claramente marcado desde un inicio. En consecuencia, la componente de innovación que los jóvenes valoran sí está presente en la Universidad, pero reducida al tema del que verse la tesis doctoral; cuando en el caso de la empresa, en caso de ser la innovación un elemento diferencial, se puede encontrar en prácticamente toda la variedad de proyectos que se lleven a cabo sin importar la temática.

Otra de las grandes diferencias entre estos empleadores es la evolución de las responsabilidades según la experiencia que se va adquiriendo. Por un lado, en las compañías suele haber una escalera de ascenso bastante definida cuyos escalones depende tanto de la práctica que se gana con el tiempo como de los méritos realizados. Además, es evidente que según se va escalando la responsabilidad se incrementa, y como resultado, también lo hace el salario percibido, y el trabajo que se efectúa pasa a estar más relacionado con labores de gestión y con liderazgo de equipos. El primer salto suele ser a los

dos años de haber comenzado. En contraposición, tal y como se ha comentado anteriormente, durante los cuatro años y medio que suele durar la investigación de una tesis doctoral, el trabajo como tal no cambia, no se va ganando responsabilidad con el tiempo, pues el doctorando depende en última instancia de los supervisores, y el salario que se recibe, generalmente inferior al que ofrecen las empresas, o se mantiene fijo o no cambia significativamente.

Por último, una última distinción es la proyección laboral que se puede esperar dentro de una compañía o dentro de la Universidad. Las firmas tienen un sistema de ascenso que en general está estandarizado según lo expuesto en el anteriormente; sin embargo, en la Universidad una vez que se ha finalizado el doctorado, la promoción inmediata es a investigador asociado o postdoctorado, puesto en el que se continúan desempeñando tareas de investigación con opción a complementar el trabajo con labores docentes, pero siendo la dedicación a las primeras superior. Posteriormente, se alcanza la figura de investigador senior en la que las responsabilidades aumentan, se lideran equipos, pero la tarea sigue siendo en sí misma igual a la realizada años antes. Cabe destacar que la promoción a nivel interno de la Universidad como profesor suele ser más compleja que el ascenso como investigador, puesto que está sujeto a más restricciones, no sólo a la experiencia que se tiene.

Habiendo descrito las principales diferencias entre estos dos tipos de empleadores, resulta evidente que en una empresa la proyección, el salario y el trabajo que se desempeña pueden ser bastante más atractivos para los recién graduados que la labor de un doctorando. Entonces ¿por qué hacer una tesis doctoral? Una de las razones de mayor peso es la vocación personal. El trabajo de investigación es sin duda sacrificado, muchas veces no está bien remunerado o depende de subvenciones externas pero, el convencimiento interno de que la labor que se realiza tiene un claro impacto en la comunidad científica y para/con la sociedad, o la posibilidad de trabajar en algo totalmente novedoso de lo cual se puede ser pionero, ya bien sea un desarrollo teórico o una aplicación práctica de un algoritmo, puede ser, y en mucho casos, es el combustible necesario para decantarse por esta opción. Además, junto a la vocación, es necesario señalar que, al contrario de lo que mucha gente puede pensar, tras el primer trabajo en la Universidad realizando el doctorado, la única salida después no es continuar en ésta como personal docente investigador; en el caso del ámbito de las TIC e ingeniería, la figura de un doctor también está muy bien reconocida en el mundo empresarial, especialmente por empresas tecnológicas, quienes valoran muy positivamente la difícil labor realizada, la experiencia y las capacidades que van más allá de lo técnico adquiridas durante el desarrollo de la tesis. Así pues, la carrera profesional de un doctor puede continuar en los grupos de I+D+i de las compañías o en firmas tecnológicas al frente de equipos punteros de investigación.

5. Conclusiones

A través de los datos recogidos en este ensayo se ha demostrado que la Universidad no es una de las primeras opciones que los recién graduados tienen en consideración como primer empleador. Pese a cumplir con la mayoría de los requisitos que buscan los nuevos ingenieros e ingenieras en su "primer trabajo ideal", el esfuerzo y la dedicación que requiere, la falta de información sobre las futuras salidas laborales, y las condiciones de trabajo, tanto económicas como del día a día, hacen que esta alternativa se vea relegada a los últimos lugares en la lista de posibles trabajos, o que incluso ni sea tenida en consideración.

Sin embargo, el desarrollo personal y profesional que ofrece una tesis doctoral pocos trabajos pueden igualarlo. Tener la oportunidad de contribuir, ya sea directa o indirectamente, con un nuevo descubrimiento o aplicación a la mejora del día a día de las personas, abrir camino en la comunidad científica, y aprender durante todo el proceso de investigación no sólo acerca la temática sobre la que se acaba siendo un experto, sino también, gracias a la complejidad de la tarea, aspectos personales que podrían ser desconocidos para uno mismo, tienen un valor que no es posible cuantificar.

Bibliografía

- Burning Glass Technologies, Strada Education Network. "The Permanent Detour. Underemployment's Long-Term Effect on the Careers of College Grads". Disponible online. Mayo 2018.
- Universum. "The World's Most Attractive Employers 2020". Disponible online bajo demanda. Octubre 2020.
- Luis Fernando Santos Meneses, Vanessa Moreira Castro, Ana Laura Caballero Moreira. "Cultura de la investigación en la Universidad. Estudio realizado en una unidad académica de la Universidad San Gregorio de Portoviejo". Disponible online. Revista San Gregorio, N.º 8, Vol. 2, páginas 40-53. Junio – diciembre 2014.
- OECD. "Education Indicators in Focus". Disponible online. Octubre 2014.
- Ministerio de Universidades, Gobierno de España. "Estadística de Tesis Doctorales. Año 2019". Disponible online. Sistema Integrado de Información Universitaria.
- Ministerio de Educación y Formación Profesional, Gobierno de España. "Igualdad en Cifras". Disponible online. Unidad de Igualdad.
- Ministerio de Universidades, Gobierno de España. "Datos y cifras del Sistema Universitario Español. Publicación 2019-2020". Disponible online. 2020.

Lucía Güitta López obtuvo el título de grado en ingeniería electromecánica, especialidad Electrónica y Automática, en junio de 2017. Así como el máster en Ingeniería Industrial y el máster en Industria Conectada en junio de 2019, todo ello por la Universidad Pontificia Comillas.

Desde noviembre de 2019 trabaja como investigadora en formación en el Instituto de Investigación Tecnológica (IIT) dentro del área de Sistemas Inteligentes y de la Cátedra de Industria Conectada, y desde septiembre de 2021 es estudiante de doctorado dentro del programa de Modelado de Sistemas de Ingeniería en ICAI. Sus áreas de interés incluyen inteligencia artificial, robótica, e Industria 4.0.

Mesa 1 / Comunicación

RETROSPECTIVA DE LOS ESTUDIANTES DE STEM EN LAS UNIVERSIDADES ESPAÑOLAS HASTA 2020

Rafael Vázquez Martí. ICAI, promoción 1974.

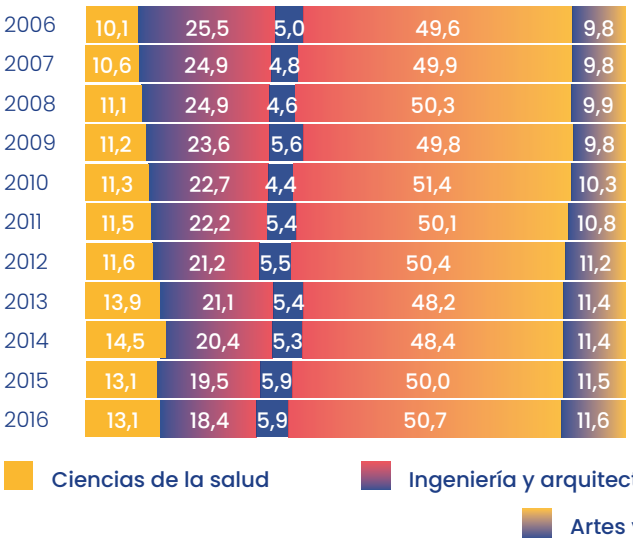
En el año 2019 en China se graduaron cuatro millones y medio de estudiantes en STEM (por las siglas en ingles de Science, Technology, Engineering and Mathematics) también incluiremos las disciplinas de Arquitectura, en EE.UU. se graduaron medio millón y en España poco más de cuarenta mil, que representan respectivamente unas ratios de aproximadamente tres, uno y medio, y uno por cada mil habitantes, parte de los datos obtenidos del artículo de Eugenio Bregolat tres veces embajador de España en la China ¿Hay que temer a China? y del Ministerio de Universidades.

En la tabla siguiente podemos ver la disminución de estudiantes matriculados en Ingeniería y arquitectura, y Ciencias en España en comparación a un aumento en Europa en una serie histórica desde el año 2006 al 2016.

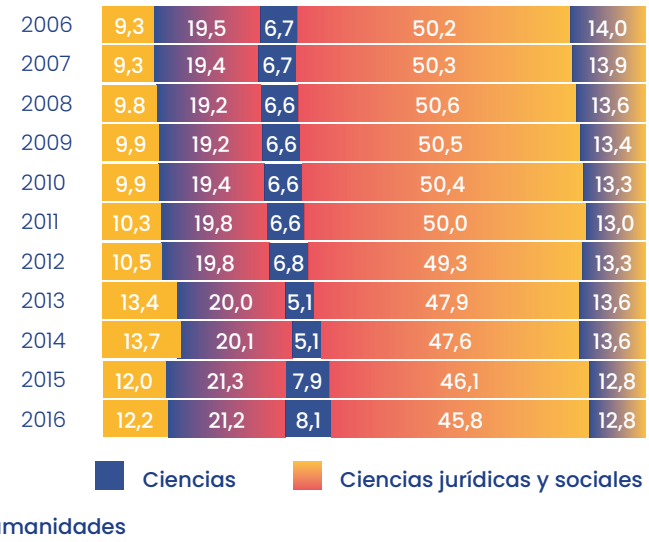
El número de estudiantes presenciales matriculados en los grados en las universidades de España es en año 2019/2020 es de aproximadamente 1.100.000 para una población total de 18 a 24 años de 3.300.000 habitantes. La tasa de escolarización del 33% de la población de los jóvenes de 18 a 24 años y un 55% del total son mujeres.

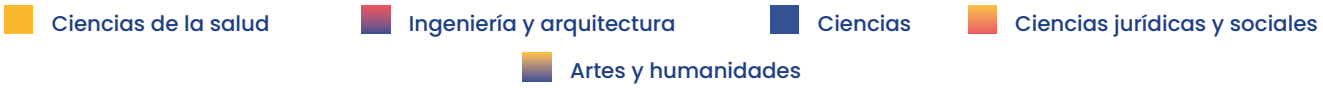
El número de total de estudiantes matriculados universitarios en España en los últimos 20 años ha crecido aproximadamente un 8%, ver gráfico.2, pero no por igual en todas las ramas de enseñanza, el número de matriculados en 1º y 2º Ciclo y Grado en Ingeniería y Arquitectura ha descendido más de un 40% en los mismos 20 años, ver gráfico.3

Gráfico 1. % de estudiantes mariculados en España



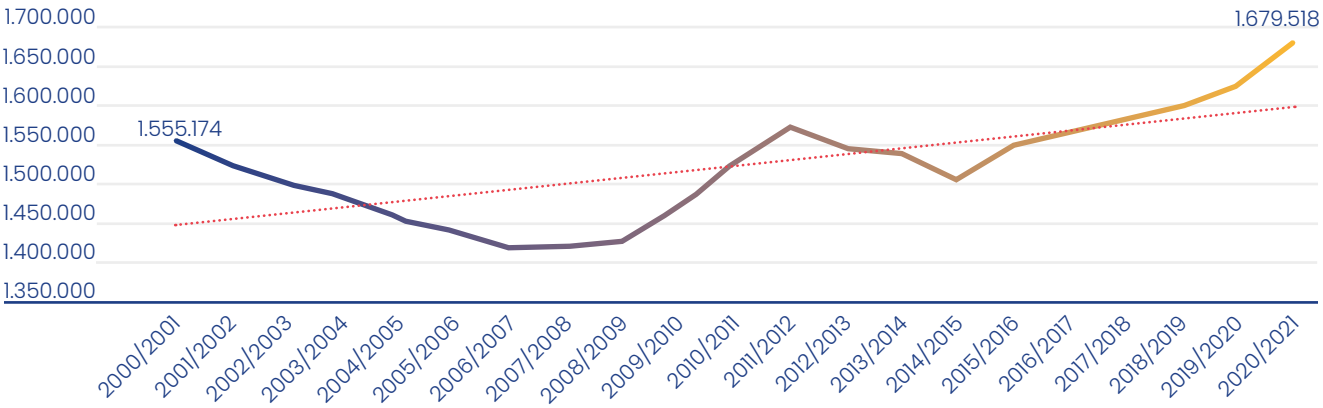
% de estudiantes mariculados en UE-28





Fuente: Crue

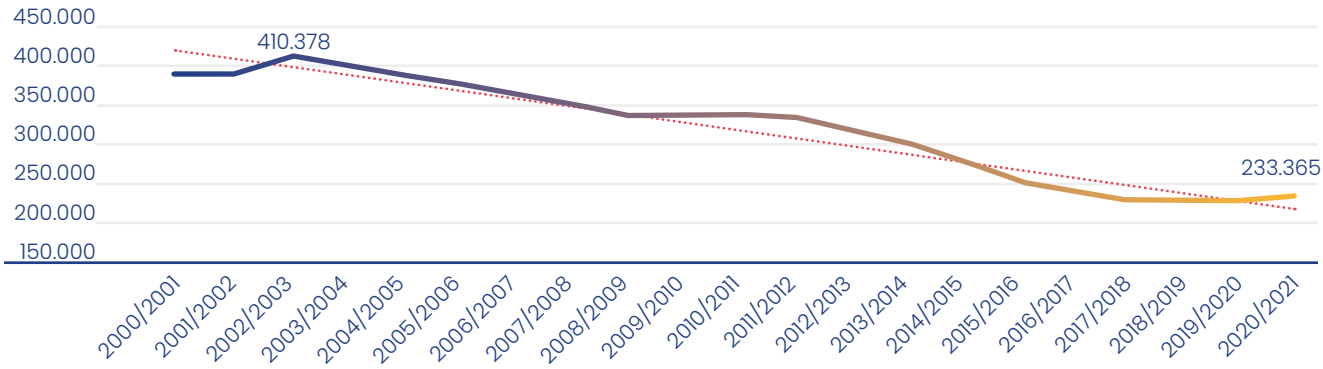
Gráfico 2. Alumnos matriculados en las universidades de España



Fuentes: Ministerio de Universidades, INE

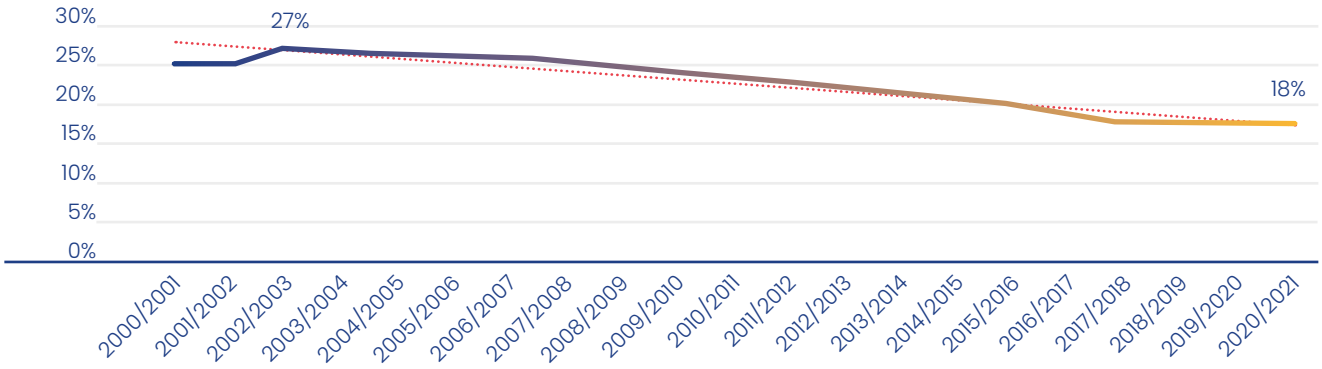
En los últimos años desde principio del siglo 21 el porcentaje respecto del total de matriculados en 1º y 2º Clico, Grado, Máster y Doctorado en Ingenierías y Arquitectura en las universidades de España, ha pasado de un 27% a un 18%, es decir, de más de uno por cada cuatro estudiantes a menos de uno por cada cinco estudiantes, ver gráfico.4

Gráfico 3. Alumnos matriculados 1º y 2º Ciclo, Grado Ingeniería y Arquitectura universidades de España



Fuentes: Ministerio de Universidades, INE

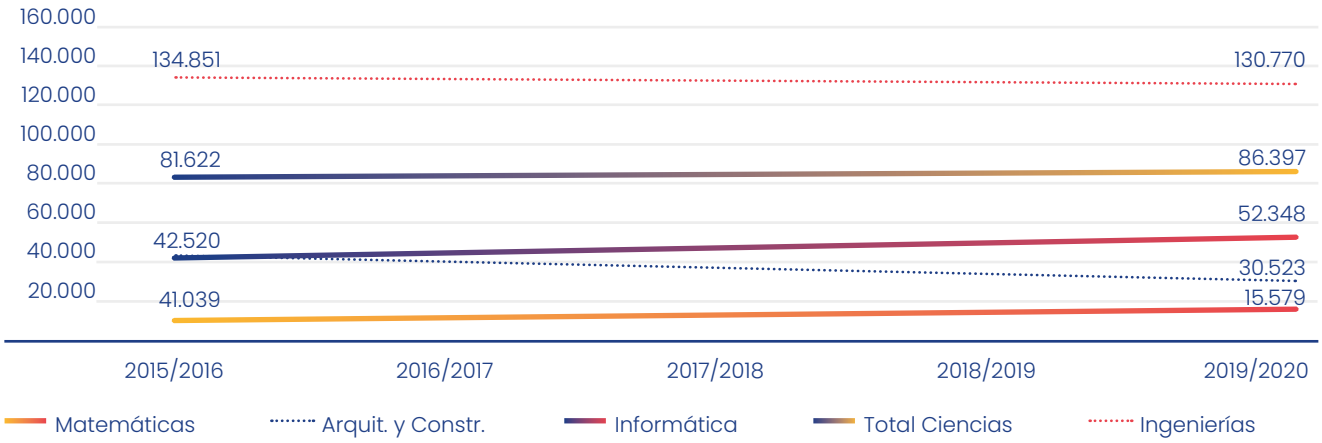
Gráfico 4. % de matriculados en Ingenierías y Arquitectura / respecto total (1º y 2º Ciclo, Grado, Máster y Doctorado) de universitarios en España



Fuentes: Ministerio de Universidades, INE

Analicemos ahora los alumnos matriculados en los años 2015/2016 a 2019/2020 de algunos estudios de STEM, como podemos comprobar los estudios de Ingenierías ha descendió apenas un 3%, Arquitectura y Construcción ha descendido un acusado 25%. En cambio, otros estudios han aumentado sus porcentajes, total de Ciencias un 6%, y un mayor detalle nos muestra en Matemáticas un aumento de 43% y en Informática un 23%, ver gráfico.5

Gráfico 5. Alumnos matriculados en algunos estudios STEM universidades de España

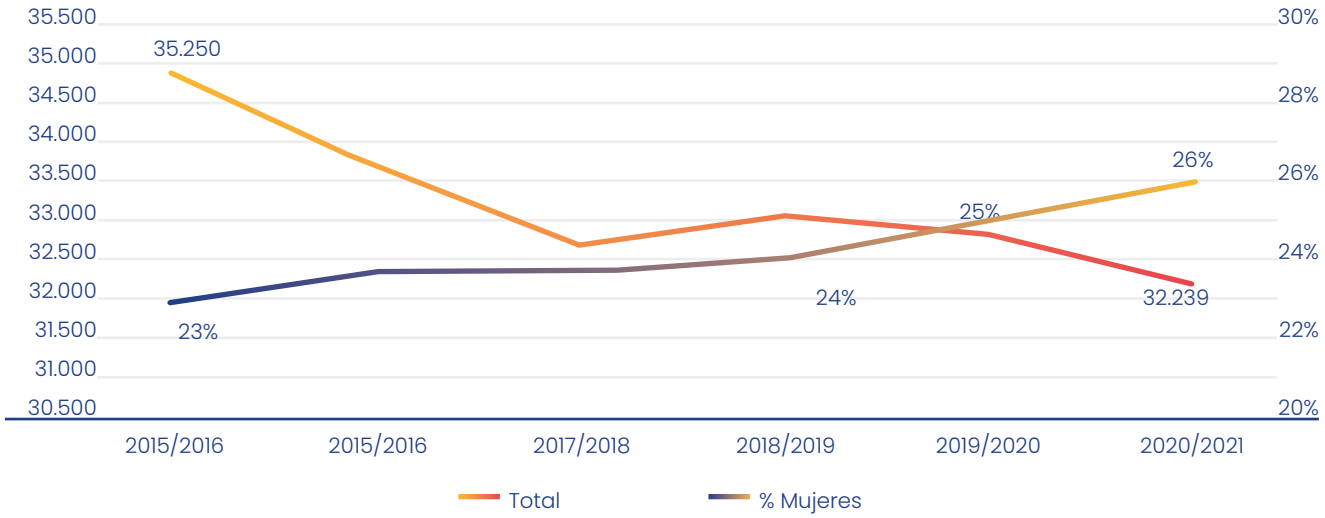


Fuentes: Ministerio de Universidades, INE

Detengámonos por un momento en los alumnos de nuevo ingreso de las ingenierías, el número total de alumnos desciende un 10% en los últimos 6 años desde 2015/2016 a 2019/2020, pero en cambio el porcentaje de mujeres de estos mismos años ha aumentado del 23% al 26%, ver gráfico.6, posiblemente a los nuevos grados de Ingeniería Biotecnología y Biomédica con una mayoría de mujeres matriculadas.

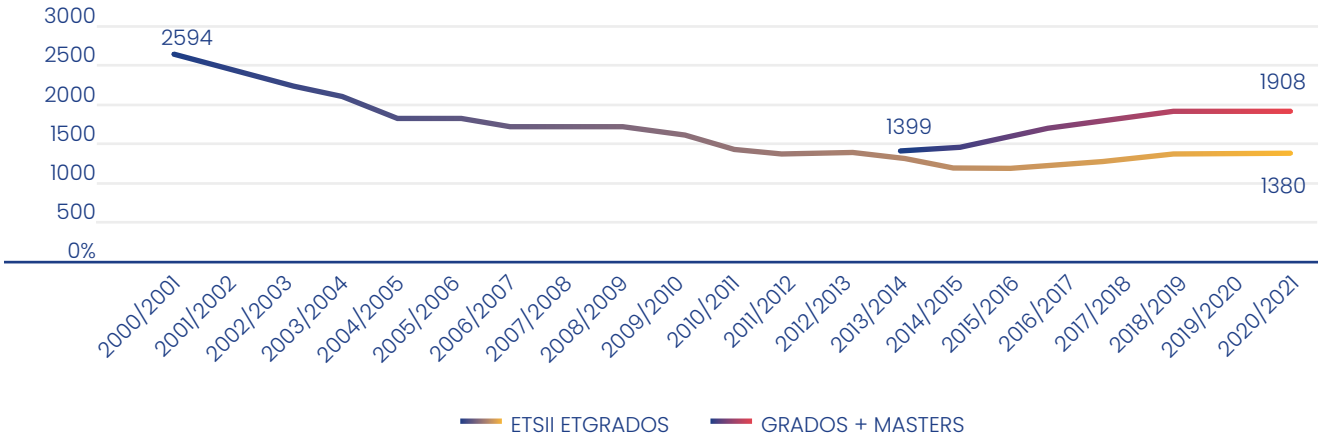
Veamos que ha sucedido en la Escuela de ICAI de la Universidad Pontificia de Comillas en los años del siglo XXI, el descenso de estudiantes de ingeniería en la Escuela de ICAI ha seguido un comportamiento descendiente en el número de matrículas observado en toda España, desde un máximo de 2.594 alumnos matriculados en el año 2000/2001 ha descendido a 1.399 en el año 2013/2014, actualmente se cursa los estudios de Tecnologías Industriales, Telecomunicación y el doble grado de Tecnologías Industriales + ADE que representa un 20% del total de los grados, el porcentaje de estudiantes master es del 25% del total, no hemos tenido en cuenta otros master especiales. Ver gráfico.7

Gráfico 6. Alumnos de nuevo ingreso en Ingenierías de universidades de España



Fuentes: Ministerio de Universidades, INE

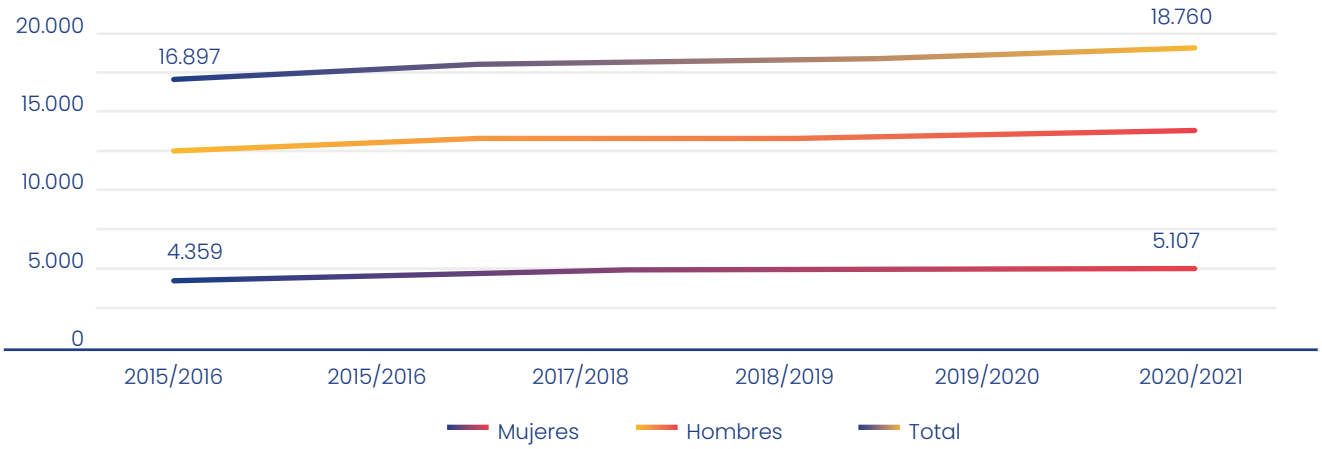
Gráfico 7. Alumnos matriculados en la Escuela de Icai Universidad Pontificia de Comillas, siglo XXI



Fuentes: Anuarios de la Universidad Pontificia de Comillas

En el gráfico.8, observamos un ligero aumento de los egresados en Ingenierías de toda España en los últimos años desde 2016 a 2020, pero estos datos se refieren a las cohortes de 5 a 7 años antes, tiempos promedios de años para finalizar los estudios correspondientes. Es decir, corresponden a las cohortes de los que iniciaron sus estudios en los años 2008 y los del 2013. Posiblemente a menor número de matriculados de nuevo ingreso actuales les corresponderán 5/7 años después menor número de egresados. En el gráfico no hemos tenido en cuenta los egresados de Arquitectura y Ciencias, al sumar estas disciplinas el número total de egresados en STEM y Arquitectura sería aproximadamente cuarenta mil estudiantes en el año 2019.

Gráfico 8. Alumnos egresados de Ingenierías de todas las universidades de España



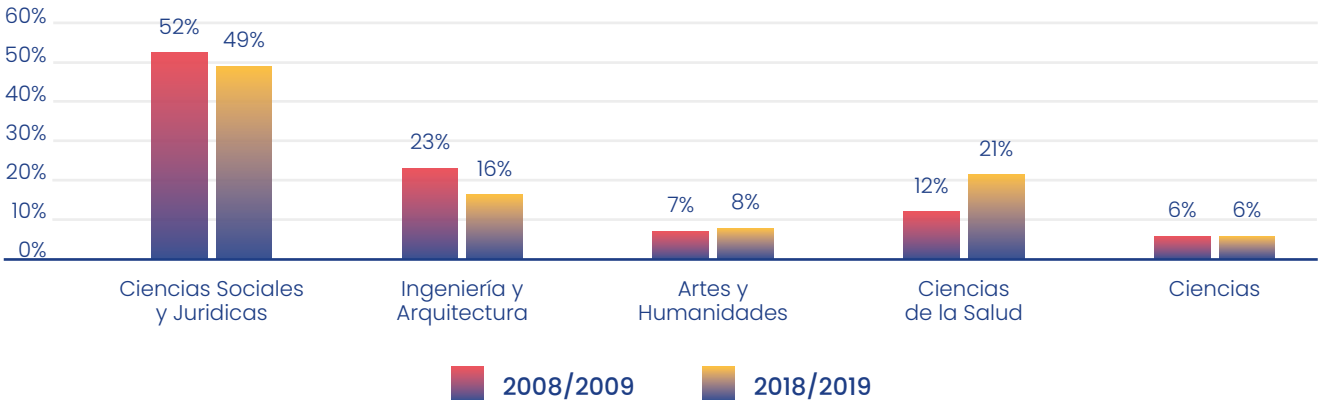
Fuentes: Ministerio de Universidades, INE

Nos detendremos en analizar los estudiantes egresados por ramas de enseñanza de todas las universidades de España. Ver gráfico 8, existen tres ramas Ciencias sociales y Jurídicas, Artes y Humanidades, Ciencias que los porcentajes se mantienen en los diez años de 2009 a 2019. En las ramas de Ingeniería y Arquitectura desciende un acusado 30%, del 23% al 16%. En cambio, en las Ciencias de la Salud el incremento de alumnos egresados es espectacular de un 75%. Nos podemos preguntar a que es debido este importante descenso de estudiantes interesados en las carreras de Ingeniería y Arquitectura.

El número de estudiantes egresados en Grado en el año 2019 en el total de las universidades públicas y privadas fue de 189.438 y desglosado por ramas de enseñanzas: Ciencias Sociales y Jurídicas 92.036, Ingeniería y Arquitectura 30.101, Artes y Humanidades 15.983, Ciencias de la salud 39.665, Ciencias 11.653

Según todas las estimaciones para un aumento de la actividad económica, mayor digitalización, cambios productivos, utilización de la Inteligencia Artificial (AI), Internet de las cosas (IoT), Industria 4.0, Descarbonización, Adaptación y Mitigación del Cambio Climático… En los próximos años se necesitarán más personas cualificadas en STEM. La pregunta del millón **¿Cómo podemos incrementar el interés en los alumnos y alumnas de Primaria, Secundaria y Bachillerato para qué se decanten por estas carreras tan interesantes?**

Gráfico 9. Evolución estudiantes egresados 1º y 2º Ciclo y Grado por rama de enseñanza de todas las universidades de España



Fuentes: Ministerio de Universidades, INE

Adjuntó algunas respuestas de Rectores y catedráticos de las Universidades españolas respuestas aparecidas en un informe de la Conferencia de Rectores de las Universidades Españolas (Crue).

"Sin suficientes ingenieros, matemáticos, físicos o químicos nos quedaremos fuera de la Revolución 4.0, como ya nos ocurrió en otras épocas de nuestra historia, y seremos tecnológicamente dependientes", advierte el presidente de la Conferencia de Rectores de las Universidades Españolas (Crue), José Carlos Gómez Villamandos.

¿Por qué han descendido tanto las matriculaciones a lo largo de estas dos décadas? "Por desajustes en el mercado laboral. Se pide un esfuerzo que no compensa la posterior trayectoria profesional", responde el ingeniero de minas Francisco Michavila, catedrático emérito de la Universidad Politécnica de Madrid, rector honorario de la Universidad Jaume I de Castellón y ex consejero de Educación de España ante la OCDE, la Unesco y el Consejo de Europa

"Objetivamente son carreras más duras y aquí hay un cambio generacional claro, porque estos jóvenes valoran de forma diferente su esfuerzo. Uno puede obtener motivación para cursarlas cuando espera un mayor salario, pero nuestro mercado laboral no prima con mayores salarios ese esfuerzo adicional que hacen los alumnos. Si el mercado no compensa el esfuerzo adicional de una carrera más dura, cursan otro tipo de carreras", explica Joaquín Aldás, catedrático de Comercialización e Investigación de Mercados de la Universidad de Valencia y uno de los autores del estudio.

Mientras, España tiene el porcentaje de universitarios sobrecualificados más alto de la UE (el 36%), jóvenes que trabajan en empleos que están por debajo de lo que estudiaron. "Es imposible absorber todo el capital humano que tenemos", han avisado los autores del informe: los licenciados universitarios españoles tienen una tasa de paro que es cinco veces superior a la media de la UE y salarios muchos más bajos en comparación con otros países

"Cuando hablo con los decanos de Magisterio me expresan su preocupación por la creciente feminización de sus estudios: el 95% de los alumnos que cursan carreras de educación son mujeres", señala José Manuel Pastor, coautor del informe y catedrático de Fundamentos de Análisis Económico de la Universidad de Valencia, que advierte que "los niños llegan hasta los 15 años sin tener referentes masculinos en la enseñanza".

Mesa 2

Bernardo Villazán / Moderador

Bernardo Villazán Gil es Ingeniero Superior Industrial del ICAI y diplomado en alta dirección de empresas por IESE, tiene una dilatada experiencia multinacional en procesos industriales, tecnologías de la información y comunicaciones.

Actualmente es presidente no ejecutivo de Eveng, y miembro de los consejos asesores de Raona Enginyers, Group IPS, Packbenefit y Grupo Antolin.

También, es miembro fundador del Observatorio Industria 4.0 en España, co-director de la Cátedra de Industria Conectada de Comillas ICAI, director del Máster de Transformación Digital de la Industria y profesor de la asignatura de Industria Inteligente y Aplicaciones.

Bernado fue nombrado XII Premio "Javier Benjumea" de la Asociación/Colegio de Ingenieros del ICAI en 2006.

Mesa 2 / Ponencia 1

LA INDUSTRIA EN SU LABERINTO. ATRAPADOS EN EL MODELO PRODUCTIVO

Enrique Ramírez Asperilla. *Consejero delegado de Pladur Gypsum S.A.U. y presidente del Observatorio de la Industria 4.0.*

1. Introducción

La industria ha desempañado ya desde el pasado un papel fundamental en el crecimiento económico de los países, así como en su progreso social. En los siglos XIX y XX la primera y la segunda revolución industrial nos trajeron a España la más profunda transformación histórica de las estructuras productivas, sociales y territoriales pasando de una sociedad agraria a un país industrializado que conllevó un cambio del mundo rural al sistema urbano actual y al desarrollo una moderna red de transportes y comunicaciones que vertebra la geografía peninsular.

Hoy en el inicio de la tercera década del siglo XXI nos encontramos en plena cuarta revolución industrial llamada Industria 4.0 y que está produciendo uno de los cambios sociales y de conducta más importantes y rápidos jamás producidos en la historia de la humanidad y sin embargo el peso de la industria como sector económico en España lleva disminuyendo desde los años 80, habiendo perdido casi la mitad de su valor añadido en favor del sector servicios y este declive parece no tener frenos. ¿Estamos atrapados en el modelo productivo español?

Tras los cambios producidos por el terrible impacto humano y económico del COVID-19 que nos ha puesto ante una situación delicada ¿podemos responder desde la industria con un modelo productivo más sólido, competitivo y sostenible que nos ayude a responder ante un mundo cada vez más incierto?

Siempre hay que intentar aprovechar las crisis tan profundas para acometer aquellos cambios oportunos que se necesitan. Sin duda, creo que estamos ante la gran oportunidad para la transformación del modelo productivo de la Industria española y salir reforzados en el tan manido objetivo marcado por la Unión Europea del 20% del peso de la Industria en el peso de nuestro PIB para el pasado año 2020.

2. Datos relevantes de la estructura industrial española

2.1 EVOLUCION DEL PESO DE LA INDUSTRIA EN EL PIB ESPAÑOL Y COMPARATIVA CON LA UE

La estructura del PIB y dentro del mismo, la evolución del peso de la Industria en el PIB español no ha sido favorable los últimos cuarenta años de nuestra historia, habiéndose producido una fuerte caída que ha llevado a perder casi la mitad del valor añadido que tuvo.

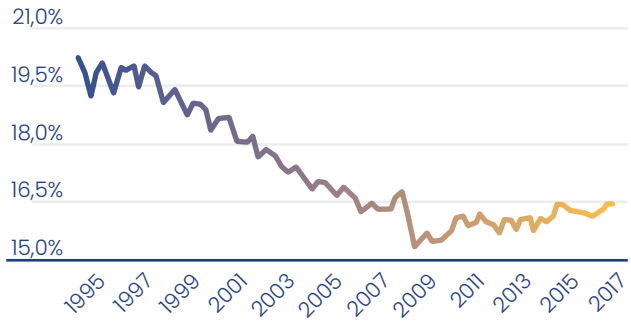
Si nos paramos a contemplar la historia del siglo XXI, se han perdido cerca de 5 puntos en el total de la economía española desde el 20% en que se encontraba cuando nos incorporamos al euro, al 15% que alcanzó en 2009, en el inicio de la crisis como podemos ver en las siguientes imágenes.

Gráfico 1. Estructura del Producto Interior Bruto (PIB)
(% del total, precios corrientes)

Sector	2017	2018	2019
Agricultura y pesca	3,09%	3,09%	2,92%
Industria	16,24%	15,87%	15,76%
Construcción	6,00%	6,23%	6,51%
Servicios	74,67%	74,82%	74,81%

Fuente: Instituto Nacional de Estadística

Gráfico 2. Evolución del peso en el PIB de la industria española



Fuente: Instituto Nacional de Estadística

Lamentablemente hemos sufrido una caída muy superior a la de otros países occidentales desarrollados, como Italia, Francia, EE. UU. y no digamos Alemania o Corea del Sur.

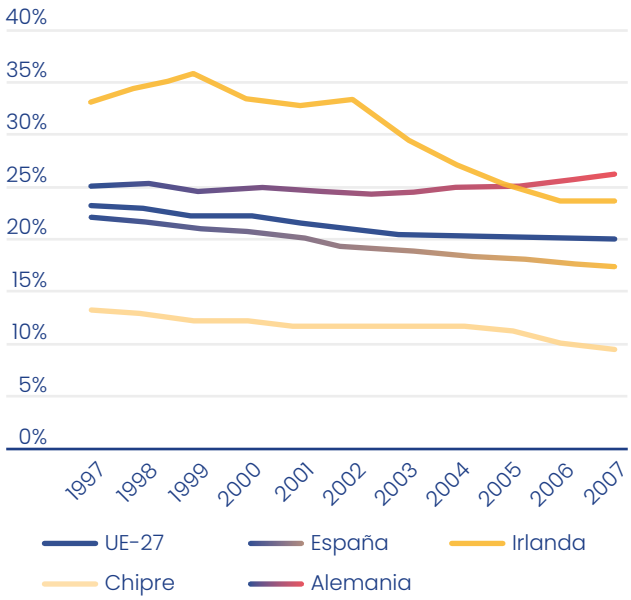
Curiosamente cabe destacar que la caída de la Industria española no se produce en los momentos de crisis únicamente, sino que también se ha producido esta caída en el decenio de bonanza económica que tuvimos en España entre los años 1997 y 2007.

Uno de los efectos que ha contribuido a esta caída en momentos de crecimiento económico se debe a la globalización de la economía y a la deslocalización de parte de la industria manufacturera a áreas emergentes en el extranjero conocido como "offshoring" lo que unido a la fragmentación de procesos de producción que pasaron de realizarse en esas industrias a subcontratarse en el sector servicios y conocido como "outsourcing".

Otro punto a considerar que también contribuyo a su caída fue la espectacular evolución del sector de la construcción con especial énfasis en el subsector residencial que llevó a este país a iniciar justo antes de la crisis un nivel cercano a las 800.000 viviendas año, un nivel de obra residencial insostenible para nuestro país y que es similar al de U.K, Francia y Alemania juntos, con una población en España que no llega al 25% de lo que representan estos tres países.

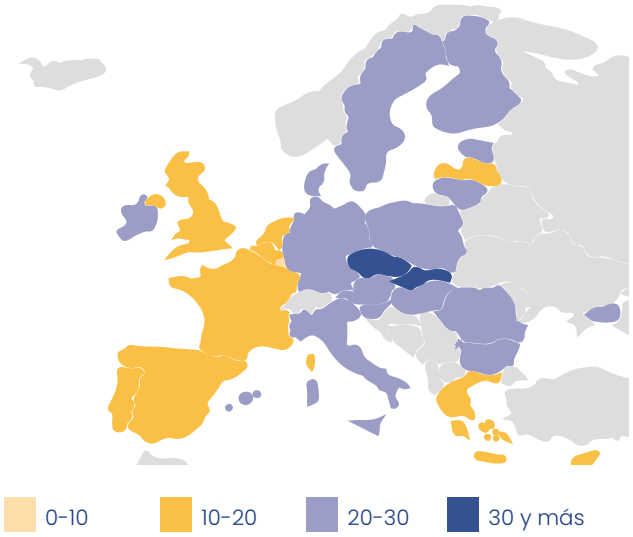
La evolución de la participación de la industria en la economía en la Unión Europea de los 27 en esa década de bonanza 1997-2007 así como su importancia dentro de cada país al final de ese periodo se visualiza en las dos imágenes siguientes

Gráfico 3. Evolución Industria en UE-27



Fuente: Eurostat

Gráfico 4. Peso Industria en el PIB en UE-27



Fuente: Eurostat

2.2 LA DEMOGRAFÍA EMPRESARIAL DE LA INDUSTRIA ESPAÑOLA

El sector industrial español está constituido al final del 2019 por 194.406 empresas según el INE que apenas representan el 6% de las empresas del conjunto de la economía española cifrada en 3.363.197.

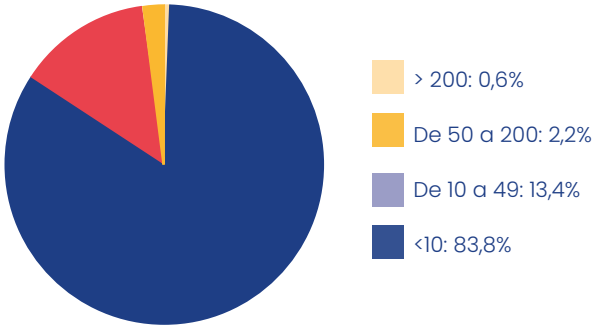
Conviene reseñar que, debido al tamaño de estas, como veremos en el apartado siguiente, desde 2007 hasta el inicio de la crisis del COVID-19 se han destruido en el entorno de 50.000 empresas, lo que se explica por la quiebra y su posterior cierre habiendo sido las más afectadas las de tamaño pequeño y mediano, aunque también se está produciendo un proceso de adquisiciones y fusiones para ganar masa crítica en busca de la rentabilidad.

2.3 TAMAÑO DE LAS INDUSTRIAS ESPAÑOLAS

Una característica diferenciadora de otros países de nuestra industria es el tamaño de sus empresas y el 99,78% está constituido por pequeñas y medianas empresas (pymes), según datos de marzo del 2018 del Ministerio de Economía, Industria y Competitividad y que prácticamente no ha variado en la última década como podemos ver con respecto a la situación justo al inicio de la crisis del 2009.

Aunque esta cantidad de compañías pymes es positiva para nuestra economía pues son determinantes en la generación de empleo también dificulta por su atomización la aproximación a los retos globales a los que como sector nos enfrentamos para el cambio del modelo productivo.

Gráfico 5. Tamaño de la empresa industrial española



Fuente: INE

2.4 EL EMPLEO DE LA INDUSTRIA ESPAÑOLA

La industria española da empleo al 28% de los ocupados (5,4 millones de personas), incluyendo de forma directa al 11,6% (2.214.000), indirecta el 11,9% (2.280.000) y el 4,6% el inducido (885.600 personas). Empleo que incorpora una mayor productividad (142%), frente al 108% de la construcción, 97% del sector agrícola y el 93% de los servicios. Además de un mayor número de asalariados indefinidos: 78,4%, frente al 75,1% de los servicios, el 57,6% de la construcción y el 38,9% de la agricultura.

El modelo atomizado de la estructura empresarial española dificulta la posibilidad de fuertes inversiones en desarrollo tecnológico, lo que incide en unas contrataciones con menor cualificación y salarios. El 83% de las empresas industriales tiene menos de diez ocupados y otro 13% entre 10 y 49 personas. Estas empresas emplearon al 45% del personal del sector, pero con una facturación que apenas representa el 25% del total de la cifra de negocios. En cambio, las empresas grandes -más de 200 ocupados representaron el 0,6% del total del sector industrial, pero ocuparon al 33% del personal y facturaron el 56% de las ventas.

3. Debilidades de la industria

España es un país de servicios, igual que buena parte de las economías desarrolladas. Es bastante normal, y puede que sea hasta positivo, que una economía, una vez se va desarrollando, se "terciarice".

El sector de la industria ha sido, tradicionalmente, uno de los mayores consumidores de energía en España por lo que la energía se identifica como unos

de los principales problemas de competitividad para las empresas.

Hay que realizar un trabajo importante todavía de cara a los compromisos de reducción de emisiones de CO2 para asegurar la sostenibilidad del planeta y muchas industrias todavía no han reducido apreciablemente su consumo energético, pero que, para hacerlo, necesitan realizar cambios tecnológicos en sus procesos de fabricación, incluyendo la disponibilidad de un nivel de inversiones que la situación económica tras la crisis del COVID-19 retrasó.

Esta pérdida de competitividad frente al exterior viene derivada de:

- La fuerte dependencia de gas y petróleo, con efectos en la balanza comercial.
- El coste energético en España comparativamente con otros países de la UE y además es un sector muy dependiente de la energía.
- Un precio de la electricidad poco competitivo, debido al déficit de la tarifa.
- Las fuertes primas a las renovables.
- La ineficiencia del actual mix de producción.
- La elevada fiscalidad energética.
- El oligopolio eléctrico existente.

Gráfico 6. Estructura del Producto Interior Bruto (PIB) (% del total, precios corrientes)

Sector	%
Transporte	41,7%
Industria	23,5%
Hogares	18,5%
Servicios	12,5%
Agricultura, pesca y otros	3,8%
Total consumo energía final	**100,0**

Fuente: IDAE/MINETAD

Para no seguir languideciendo, entre otras debilidades a subsanar por el sector se encuentran las siguientes:

- Bajas tasas de inversión en I+D+i
- La falta de alineamiento con el sector educativo
- La masa crítica de las pymes.
- Falta de planes específicos globales para el sector de innovación y emprendimiento.

4. Fortalezas de la industria

La importancia de la Industria española para la economía del país es evidente y hay una serie de factores clave entre otros muchos que me gustaría resaltar porque tienen que servir de palanca de cara a su futuro:

- La generación de empleo.
- La capacidad de generar, absorber e introducir innovaciones punteras.
- La generación de cifra de negocio y su aportación al PIB.
- Capacidad de vertebrar el territorio.
- La productividad laboral media que es superior a la de los otros sectores de la economía, hasta un 47% superior al sector servicios excluido el inmobiliario.
- La actividad exportadora que representa un 30% sobre las ventas realizadas por este sector.
- La diversidad de actividades que forman parte del sector y que van desde la alimentación, bebidas y tabaco, la madera, papel y artes gráficas, el material de transporte, el textil, cuero, confección y calzado, automoción y componentes, productos químicos, productos farmacéuticos, productos metálicos, electrónica y material eléctrico y un largo sin fin de actividades que componen la industria manufacturera que representa un 85% de la industria, más los subsectores de la industria extractiva y del petróleo que representa un 7% y la producción de energía que representa un 8%.

5. Oportunidades en la era POST-COVID de la industria

Esta crisis nos ha vuelto a revelar que las particularidades de nuestro modelo económico nos hacen especialmente vulnerables a los shocks externos.

Nuestro modelo económico no tiene inercia y en tiempos de recesión caemos más que la media de las economías europeas y también crecemos más en tiempos o ciclos expansivos.

España necesita un cambio de modelo productivo que, forzosamente, tiene que apoyarse en el sector más productivo, que es el industrial, y esa fortaleza tiene que ayudarnos a garantizar la resiliencia y el crecimiento de nuestra economía.

Tenemos la necesidad de asignar, captar y utilizar de la manera más eficiente los fondos provenientes de la UE para la recuperación económica.

También hay que pensar en positivo y considerar la industria española como el "Motor de Transformación Económica"

> *...considerar la industria española como el "Motor de Transformación Económica"*

COVID-19 ha cambiado hábitos y tendencias que podrían ser oportunidades para el sector industrial español si se mantuviesen. Ejemplo de estos cambios que pueden ser oportunidades son:

- El cambio de tendencia desde la globalización hacia la regionalización o la localización podría ser adecuado para ese tamaño pequeño y mediano de nuestro tejido productivo.
- La alteración de los flujos del comercio entre las dos grandes economías EE.UU. y China abre la puerta a oportunidades de internacionalización para la industria española.
- La creciente globalización proveniente de los costes medioambientales que en Europa liderábamos puede devolver la competitividad frente a países más rezagados en la sostenibilidad y devolver la competitividad a algunos subsectores de nuestra industria que ya tienen asumidos esos costes.

6. Macrotendencias y catalizadores del cambio

Más allá del impacto económico, las crisis globales generan cambios sociales y de conducta.

Como ejemplo de ello tenemos la incorporación de la mujer al mercado laboral como consecuencia de la segunda guerra mundial o el aumento de la seguridad en la aviación como consecuencia de los ataques terroristas del 11 de septiembre o la regulación bancaria más estricta tras la crisis financiera del 2008.

El COVID-19 no es una excepción y en apenas un año hemos podido ver que está catalizando algunas tendencias que ya existían y ha imprimido una aceleración que muchos ya se atreven a decir que hemos avanzado en un año lo que habíamos avanzado en los cinco precedentes.

Entre las macrotendencias que van a imperar se encuentran:

- Mayor conciencia de la salud y el bienestar.
- Nueva dinámica para el comercio internacional.
- Nuevos hábitos y formas de consumo y de trabajo.
- La sostenibilidad.

Las macrotendencias serán impulsadas por tres potentes motores clave en el proceso de la transformación digital y la economía a nivel mundial. Sin duda, la era post-COVID estará marcada por los siguientes tres catalizadores:

- La aceleración de transformación digital.
- Nuevos horizontes tecnológicos.
- Revolución de la inteligencia artificial.

7. Deasfios de la industria

El sector industrial español se enfrenta a importantes desafíos para que su futuro se pueda abordar de una manera adecuada.

Entre los innumerables desafíos que conlleva la "Reindustrialización" para que se incremente el peso del sector en el PIB frente a la agricultura, la construcción y los servicios para evitar o al menos minimizar futuras recesiones, conviene destacar los siguientes:

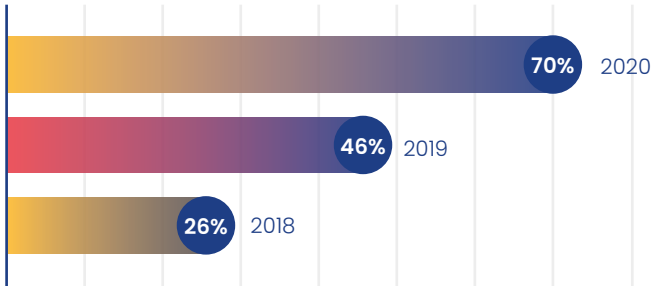
- Aumentar la inversión en innovación.
- Internacionalización.
- Que se lleve a cabo una apuesta firme por la economía circular.

- Que la energía sea competitiva en comparación con otros países de nuestro entorno europeo.

Finalmente hay tres temas que, por su relevancia, a mi modo de ver, quiero separarlo de las anteriores y son tres desafíos fundamentales para esa "reindustrialización que anteriormente he comentado:

- APROVECHAR LOS CATALIZADORES: Tarea imprescindible para que continúe a buen ritmo la transformación digital de las empresas industriales y su desarrollo tecnológico ya iniciado en la etapa pre-COVID y que en la siguiente imagen vemos como la industria española ha entendido perfectamente que el camino de la transformación digital es esa fuerza motriz para revitalizar la industria. No como un fin en si mismo sino como un vector paralelo a la estrategia definida por cada empresa que acelera la llegada a la visión empresarial de futuro que cada industria tenga. En apenas dos años hemos pasado de tener un 29% de la industria española un plan estratégico de transformación digital a pasar al 70%.

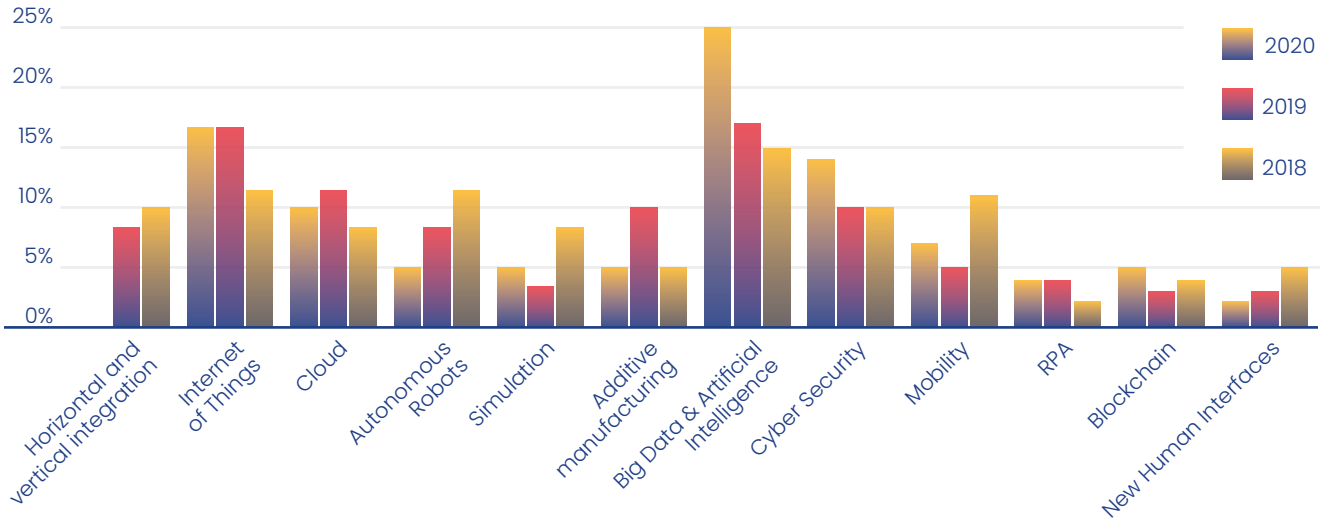
Gráfico 7. Evolución de la industria y los planes de transformación digital



Fuente: III Estudio Smart Industry del Observatorio de la Industria 4.0)

- ALINEARNOS CON LAS MACROTENDENCIAS: las macrotendencias nos llegarán queramos o no por lo que alinearnos con lo que viene e invertir en los paradigmas de la industria 4.0 aunque las empresas españolas ya lo llevan haciendo en los últimos años. Muestro en la siguiente imagen en los paradigmas que van a invertir más las empresas españolas.

Gráfico 8. Evolución de la Inversión de la industria en los diferentes paradigmas de la transformación digital

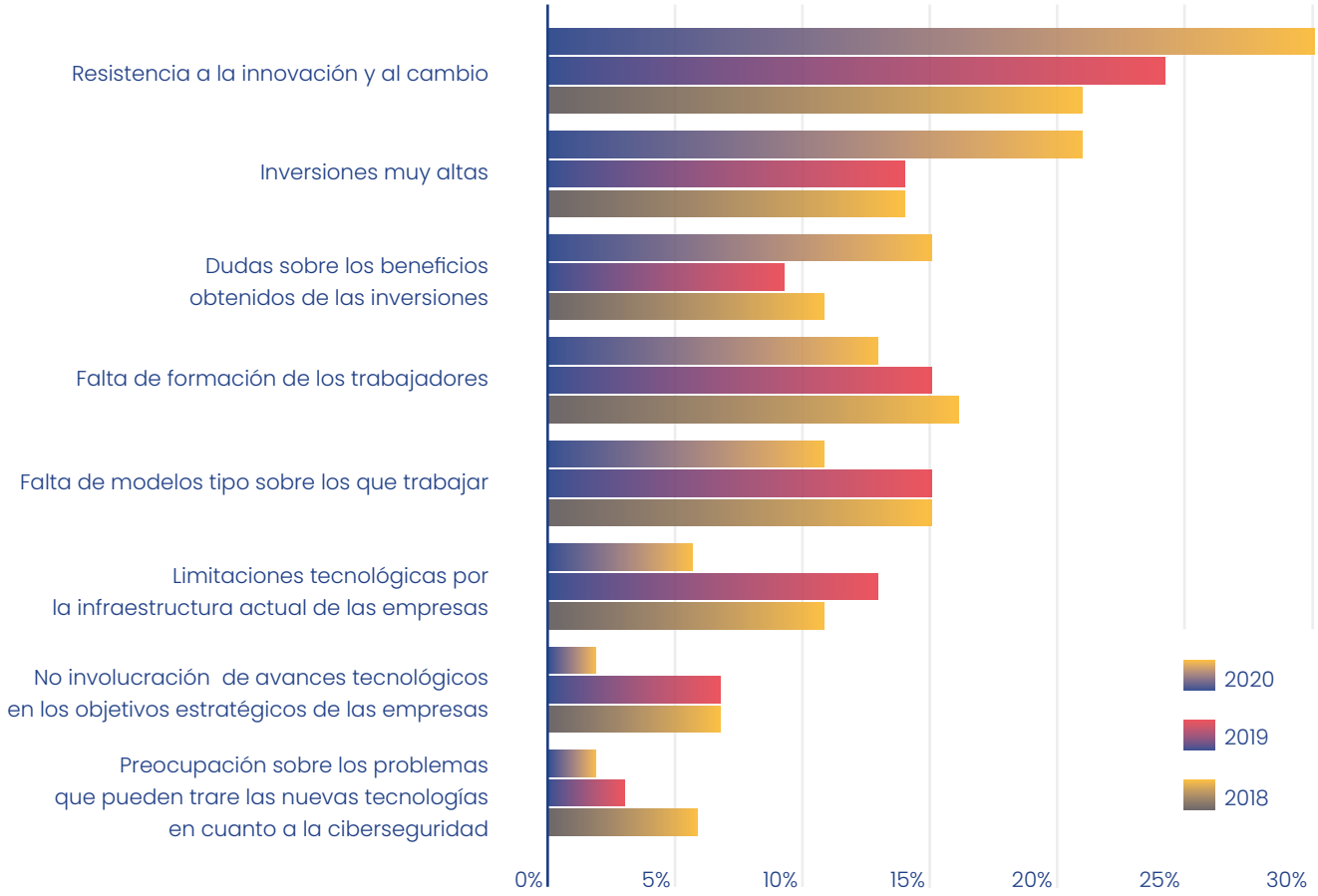


Fuente: III Estudio Smart Industry del Observatorio de la Industria 4.0)

- PENSAR EN LAS PERSONAS: Veo absolutamente necesario poner a nuestros empleados en el centro de las organizaciones. Se habla mucho de la destrucción de empleo por la automatización de procesos y la transformación digital. Sin embargo, creo que lo que se va a producir es una transformación de las competencias necesarias en los puestos de trabajo y se crearán nuevos perfiles profesionales y no nos estamos preparando para ello.

Este ruido externo hace que se creen incertidumbres y los humanos ante lo desconocido se bloquean, el miedo paraliza la dinámica de cambio necesaria para conseguir vencer esos retos a los que nos enfrentamos. En la siguiente imagen podemos observar como la resistencia a la innovación y al cambio es una de las barreras más importantes en la transformación digital.

Gráfico 9. Barreras principales a la transformación digital



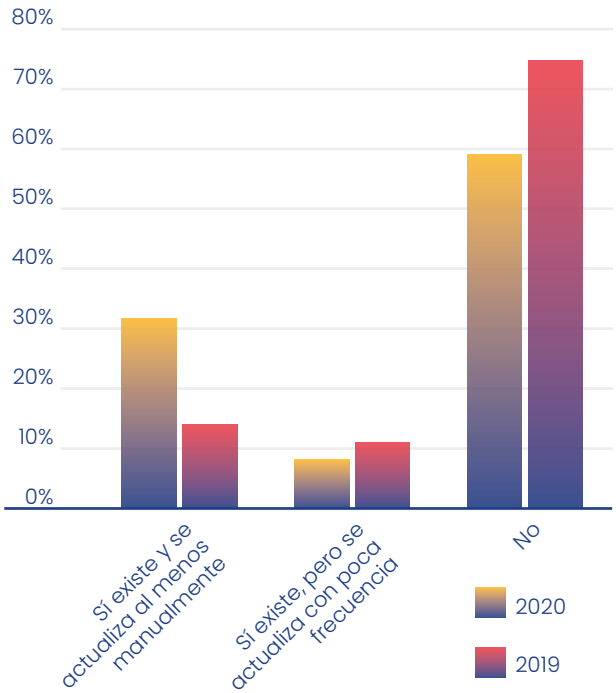
Fuente: III Estudio Smart Industry del Observatorio de la Industria 4.0)

Es de crucial importancia el "reskilling" o el "upskilling" de nuestros trabajadores si queremos poder acometer esa transformación. Sólo un 33% de la industria española tiene una la matriz de competencias de los empleados que contemple la mejora en esas habilidades que han de tener en Industria 4.0 y que de manera activa se va actualizando, aunque sea de manera manual, lo cual parece un contrasentido en plena transformación digital.

Si esperamos que el ámbito universitario nos resuelva el problema, llegaremos tarde a nuestro desarrollo inmediato y futuro. En España las matriculaciones en grado 1 y 2 de las conocidas materias STEM han caído un 18% en los últimos 5 años y un 40% en los últimos 15 años por lo que nos encontraremos con un panorama sombrío y tardío.

Veo absolutamente necesario y urgente la interacción e implicación sistemática del tejido empresarial en la acción formativa.

Gráfico 10. Matrices de competencias en conocimiento Industria 4.0 en la industria española



Fuente: III Estudio Smart Industry del Observatorio de la ndustria 4.0)

8. Conclusiones y actuaciones pueden ayudar a la industria española a salir de su laberinto

Para conseguir triunfar ante los grandes retos a los que nos enfrentamos la industria española tiene que empezar por corregir nuestras debilidades, apoyándonos en nuestras fortalezas y aprovechando las oportunidades externas que el entorno nos brinda y eso significa **modernizar nuestro modelo productivo en el que nos encontramos atrapados**.

Por su urgencia en estos momentos, nos encontramos ante una obligación de acción inmediata y aunque el orden de estas actuaciones no indica la prioridad, si quiero destacar la primera que a continuación cito:

- Asignar, captar y utilizar los fondos que vamos a recibir del programa financiero de recuperación de Europa "Next Generation EU" y es muy importante poner foco en el crecimiento rentable y sostenible para garantizar esa resiliencia de nuestro sector.
- Impulsar la transformación digital de las pymes y adaptarnos al auge del comercio electrónico aprovechando los cambios de flujo del comercio mundial para internacionalizarnos y que a la vez pudiéramos aumentar la masa de nuestras empresas.
- En línea con la anterior debemos impulsar la inversión en tecnología con la esperanza de que la inversión pública y privada aumente la innovación en el sector para cambiar nuestros procesos productivos, mejorar nuestra productividad y ofrecer propuestas de mayor valor añadido.
- Es crucial pensar en estrategias de negocio sostenibles a largo plazo y para ello hay que hacer dos cosas prioritarias: utilizar esa innovación para alcanzar la diferenciación de nuestras empresas e impulsar la automatización como vía del liderazgo en costes.
- Apostar por la sostenibilidad que incentivará la creación de empleo que nos dotaría a España de una mayor independencia energética, aumentaría nuestra competitividad industrial y cerraría el "gap" respecto el coste de otros países de nuestro entorno. España por su situación geográfica es un país privilegiado en ese sentido para energías renovables y también pensar en nuevos combustibles sostenibles como el hidrógeno verde.
- Fomentar la cultura del cambio poniendo a las personas en el centro de nuestras organizaciones para favorecerlo y para ello es absolutamente necesario y urgente la interacción e implicación sistemática de la industria en el sistema educativo formando en el aprendizaje continuado a lo largo de toda la vida profesional para cerrar la brecha entre habilidades actuales y necesidades futuras.

Bibliografía

LIBROS:

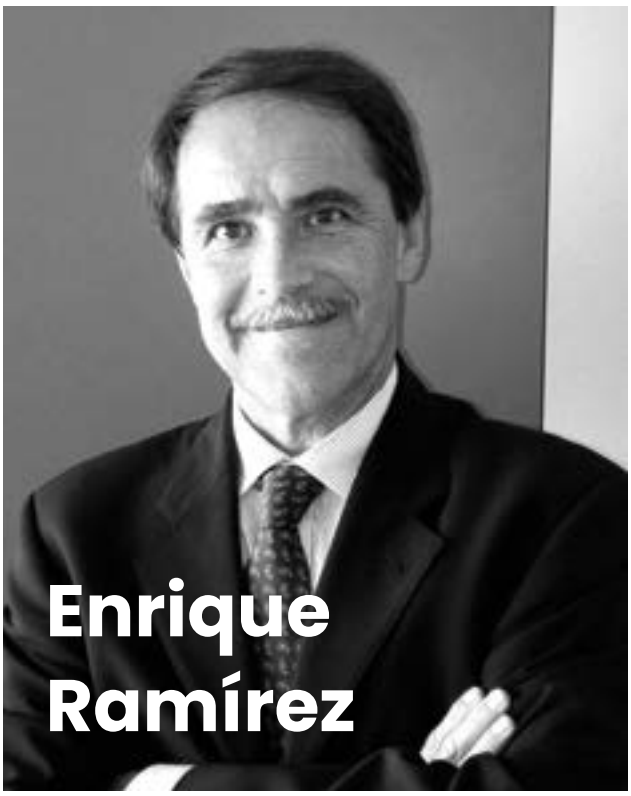
- VELASCO BARROETABEÑA, ROBERTO. "Salvad la Industria Española". Editorial Catarata. 2014
- RUOGIER, MARCELO. "La industrialización en su laberinto. Historias de empresas argentinas". Editorial de la Universidad de Cantabria. 2015

DOCUMENTOS:

- "Estudio Smart Industry. 3ª Edición". Realizado por el Observatorio de la Industria 4.0 y everis. Noviembre 2020
- "Una agenda para la industrialización de España" Realizado por Conexión Industriales. Noviembre 2018
- "España en mapas. Una síntesis geográfica" Realizado por el Centro Nacional de Información Geográfica del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana". Marzo 2019
- "La Importancia de la Transformación Digital". Realizado por Nexus Integra.
- "Construir un futuro sostenible". Realizado por la Fundación la Casa que Ahorra. Santander, junio 2010
- "Situación económica y perspectivas de la industria española". Realizado por el Área de Estrategias Sectoriales de CCOO. Septiembre 2018
- "Digital maturity and growth of SMEs" Realizado por el IKAF International Forum on Knowledge Asset Dynamics. Matera Italy. June 2019
- "Transformación del modelo productivo español". Realizado por BCG y el Círculo de Empresarios. Julio 2020
- "Panorámica de la Industria 2007-2009". Realizado por el INE Instituto Nacional de Estadística. Mayo 2010
- "Estudio Space House: El consumo de energía en España". Realizado por el IDAE Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Marzo 2021
- "Construir un futuro sostenible". Realizado por la Fundación la Casa que Ahorra. Santander, junio 2010
- "La digitalización como respuesta ante la Covid-19". Realizado por Orkestra, Instituto Vasco de Competitividad. Fundación Deusto, la Fundación la Casa que Ahorra. Santander, junio 2010
- "Claves e inversiones estratégicas para una España 5.0" Realizado por Siemens y PwC. Abril 2021

ARTÍCULOS PUBLICADOS EN REVISTAS O PERIÓDICOS:

- SEBASTIAN, MIGUEL. (Ex ministro de Industria Turismo y Comercio) "¿Dónde está la necesaria política industrial?". La Información. Fecha. Noviembre 2017
- MOLINA, CARLOS. "Sectores que aportan más al PIB y el empleo en España". Cinco Días. Agosto 2019
- CARVAJAL, ROSA. "La industria española pierde peso respecto al resto de sectores". Economía, La Razón. Febrero 2021
- CABALLERO, DANIEL. "Un "plan renove" para actualizar el modelo productivo español". Economía, ABC. Mayo 2020
- BRIONES, BORJA y RUIZ, FERNANDO. "Principales retos del sector industrial español" y "Reindustrializar España". Deloitte España.
- De ANTONIO, JAVIER. "La Industria española languidece en el siglo XXI". Economía, La Razón. Octubre 2019
- MESTRES DOMENECH, JOSEP. "El futuro de la industria en España". CaixaBank research. Noviembre 2016
- MACARIO, ANDRES. "Análisis de la industria en España". Valcoba. Enero 2018



Enrique Ramírez

Enrique Ramírez Asperilla es ingeniero industrial del ICAI, comienza a trabajar gracias a sus estudios de posgrado en Tecnología Nuclear cursados también en el ICAI, para la multinacional americana Ingersoll-Rand en 1984. Donde estuvo 5 años en Madrid y una temporada en Corning, New York, USA, allí se convierte en ingeniero de proyectos y posteriormente en ingeniero de contratos.

A partir de ahí, cursa el executive MBA del IE de Madrid y se une a la multinacional alemana BASF convirtiéndose con apenas 32 años en jefe de división. Con posterioridad, en julio del 1995 se incorpora a la compañía Pladur, donde encuentra el trabajo que le ha permitido su mayor desarrollo profesional y en la que actualmente continúa trabajando.

He pasado por la dirección de ventas y marketing en el inicio, para tomar la responsabilidad de la unidad operativa en 2003 y acabar con la responsabilidad actual de consejero delegado desde junio del 2013.

Siempre ha creído en la fuerza del asociacionismo y comparte varias posiciones en ellas: presidente de ATEDY (Asociación empresarial del yeso en España), presidente del Observatorio de la Industria 4.0, presidente de la fundación la Casa que Ahorra, miembro permanente del comité directivo de Eurogypsum (Bruselas). Así como varias responsabilidades en algunas empresas filiales de Pladur Gypsum.

Mesa 2 / Ponencia 2

EL HOMBRE EN EL CENTRO DEL LABERINTO

Begoña Hernández de Aguirre. *Directora comercial y de marketing. Abax Innovation Technologies.*

1. Introducción

Todo director general de empresa industrial tiene la difícil tarea de liderar su empresa y llevarla hacia el éxito. Igual que Teseo lucha contra el minotauro en el mito del laberinto y gracias a un ovillo de hilo consigue encontrar la salida; todo director general se enfrenta a su propio minotauro: cómo hacer crecer su empresa en un entorno altamente competitivo que cambia a una velocidad nunca vista.

En las próximas páginas veremos qué está ocurriendo en el sector industrial, por qué las nuevas tecnologías están cambiando tanto nuestras industrias y en qué puede apoyarse un director general que quiera salir victorioso de la batalla.

Se ha dado a los laberintos muchos significados y han sido considerados como símbolo de los ritos funerarios, trampa frente a las fortalezas para que los enemigos acabaran perdidos y también se han usado como talismán contra las influencias negativas o para ahuyentar los peligros. También hay teorías que consideran el viaje por el laberinto como un viaje a la unidad del ser. Dichas teorías ven en estos diseños laberínticos el símbolo del centro espiritual del ser o la sabiduría que se alcanza tras un dificultoso viaje. En estas teorías la meta está en el centro del laberinto.

En estas reflexiones coloco al hombre, en sí mismo, como el fin alcanzado después de un viaje difícil. En los próximos párrafos hablo sobre dónde se encuentran las dificultades y dónde los apoyos y cuál es el fin último conseguido una vez que podamos llegar al centro del laberinto.

2. LA INDUSTRIA 4.0.

2.1 LA APORTACIÓN DE LA INDUSTRIA

Empecemos por la entrada del laberinto y por ver lo que supone la fabricación industrial para un país. La aportación de la industria al PIB de cualquier país es esencial y tiene siempre tiene efectos multiplicadores en el conjunto de la economía. Por cada euro generado en la industria, se genera al menos lo mismo en otros sectores como sus proveedores o sus transportes y por tanto es esencial cuidar el crecimiento de la industria para que ello afecte positivamente al conjunto de la economía de un país.

Cada país y cada industria deben prepararse para la inevitable Cuarta Revolución Industrial. Cuando un país no sabe adecuar las tecnologías presentes en sus industrias a la suficiente velocidad, su industria pierde peso en el PIB y el país se empobrece.

Estamos viendo cambios profundos en todas las industrias, marcados por la aparición de nuevos modelos de negocio, irrupción de nuevos operadores y la remodelación de los sistemas de producción, consumo, transporte y entrega.

Sin duda, la principal debilidad de la economía española es el peso relativamente pequeño de la industria sobre su PIB en comparación con otros países europeos, debido a la terciarización sufrida en las últimas décadas.

Además, el tejido productivo español está bastante atomizado, con una elevada participación de las pymes en la economía, lo que dificulta la escalabilidad en la adopción de la innovación y mejoras tecnológicas.

2.2 NUEVAS TECNOLOGÍAS

Entendemos revolución como cambio drástico en la organización de los medios de producción y su inevitable repercusión en la organización económica y social. A finales del siglo XX tiene lugar la tercera revolución industrial producida por las tecnologías de la información y la comunicación (TIC). En 2013 en el CeBit de Hannover se acuñó por primera vez el término Industria 4.0.

La confluencia y el alto grado de desarrollo de diversas tecnologías dan lugar a la nueva Industria 4.0 cuyo centro es la fábrica inteligente o "smart factory". Hay varias tecnologías que suponen el núcleo de esta cuarta revolución industrial entre las que incluyo la IA (inteligencia artificial), IoT ("internet of things" o internet de las cosas), cultura "maker" o DIY ("do it yourself" – hágalo usted mismo) y otras más que ahora comentaré. Se trata de la transformación digital y de una coordinación cooperativa de unidades de producción en una economía.

Seguimos nuestro camino por el laberinto y siguiendo nuestro hilo nos vamos encontrando con las diversas tecnologías que componen la Industria 4.0.

El IoT y la fabricación aditiva están abriendo nuevos campos de descentralización de las grandes industrias. En lugar de una fábrica centralizada, se pueden fabricar componentes y objetos para su uso en el lugar donde van a ser consumidos. Se pueden colocar sensores en múltiples localizaciones y con ellos descubrir nuevas posibilidades. La fabricación aditiva permite la personalización a nivel masivo y está evolucionando rápidamente en la fabricación de tejidos vivos para llegar a producir órganos. También evoluciona hacia la llamada impresión 4D, tecnología capaz de crear productos que se modifiquen a sí mismos en respuesta a cambios ambientales como el calor y la humedad.

La biología sintética proporcionará la posibilidad de personalizar los organismos mediante la configuración del ADN, produciendo un importante impacto en la medicina.

En esta Cuarta Revolución Industrial, todos los sistemas de producción están conectados: los proveedores, la producción, los clientes, los canales de distribución y la logística. Hay también cambios muy importantes en la logística y los drones empiezan a ser una realidad en los medios productivos y logísticos.

Los sistemas de fabricación virtuales y físicos cooperan entre sí de forma flexible en todo el planeta. La capacidad de almacenamiento, poder de procesamiento y acceso al conocimiento que tenemos en esta nueva era, no tiene precedente.

Las fábricas inteligentes deben satisfacer de forma ágil los cambios que los consumidores demanden. Llegará un punto en que las fábricas que no sean inteligentes acabarán por desaparecer. Sera necesario aumentar su competitividad con innovación, nuevas tecnologías, nuevos materiales y nuevas metodologías.

Los nanomateriales como el grafeno van a revolucionar la industria ya que sus propiedades son extraordinarias y tienen multitud de aplicaciones.

A medida que avancen tecnologías como la sensórica y la IA, será posible tener vehículos autónomos. Como ejemplo, en cuanto los drones sean capaces de responder a su entorno, podrán utilizarse para muchas tareas que ahora se realizan de otra forma.

La evolución en los ordenadores tiene ahora a la computación cuántica como máximo exponente y en telecomunicaciones la progresión de los últimos años ha sido espectacular. En telefonía inalámbrica ya vamos por el 5G.

Al contrario que otras revoluciones industriales, ésta está evolucionando a un ritmo exponencial. Ello es como resultado del mundo global, polifacético y profundamente conectado en el que vivimos y del hecho de que la nueva tecnología crea a su vez tecnología más nueva y poderosa.

> *Al contrario que otras revoluciones industriales, ésta está evolucionando a un ritmo exponencial.*

2.3 SOCIEDAD 4.0

En nuestro avance por el laberinto vemos como es muy importante que seamos conscientes de por qué y para quién estamos haciendo todas estas nuevas tecnologías.

Esta cuarta revolución es tan amplia y profunda que no afecta sólo a qué cosas hacemos y cómo las llevamos a cabo, sino también a quiénes somos.

Desde el punto de vista de la sociedad, está cambiando por completo la forma en que trabajamos, nos expresamos, nos comunicamos, nos informamos y nos entretenemos.

Estamos ante un cambio que aún no sabemos cómo afectará completamente a la sociedad ya que vas más allá de un simple cambio tecnológico y la ética debe tener un papel fundamental en estos cambios. La nueva Sociedad 4.0 está profundamente afectada por esta tecnología que la rodea y hace que dependa en gran medida de ella. Recibimos información constantemente de múltiples canales y todo debe ser inmediato, lo que a veces produce una falta de reflexión.

Si miramos en perspectiva la historia de la humanidad, los cambios son enormemente profundos y nunca se había dado un momento de mayor promesa o posible peligro.

Los gobiernos deben pensar en el largo plazo y pensar estratégicamente en cómo estas fuerzas de innovación darán forma a nuestro futuro.

Esta revolución industrial generará nuevos empleos para los que tengan las capacidades y formación adecuadas. La IA y los robots sustituirán muchos empleos ahora ocupados por personas de forma que muchas profesiones desaparecerán y otras cambiarán.

Además de aprovechar todas las nuevas tecnologías, debemos ir más allá y reflexionar sobre quiénes somos y cómo queremos que sea el nuevo mundo que las nuevas tecnologías están creando. Es fundamental que la tecnología empodere al hombre y no lo deshumanice.

La tecnología puede sernos muy útil, pero es importante establecer los límites morales y éticos. La tecnología no nos da en sí misma un sentido de moralidad, ni qué decisiones debemos tomar como seres humanos.

2.4 VENTA, MARKETING Y COMUNICACIÓN EN ESTA NUEVA ERA

Continuando con nuestro laberinto, el rey Egeo, pidió a Teseo que si salía con vida de él izara las velas blancas para saber de su victoria, pero que si no era así pediría en su honor que izaran las velas negras. Teseo se enfrentó al minotauro, lo venció y logró salir del laberinto siguiendo el hilo de Ariadna. Sin embargo, durante su camino regresando a Atenas se le olvidó izar las velas blancas y continuó con las velas negras. Egeo al ver la nave y creyendo muerto a su hijo Teseo, se arrojó al mar y se ahogó dando su nombre al mar Egeo. Como ocurre en este caso, el director general no sólo debe vencer al minotauro y aplicar victoriosamente estas nuevas tecnologías,

sino que será fundamental cómo sus departamentos de Marketing y Comunicación lo transmiten al exterior.

En esta nueva era los consumidores han pasado a llamarse prosumidores y se diseñan los productos pensando en ellos. El término prosumidor se utiliza para indicar un consumidor que a la vez es un productor al mismo tiempo, siendo usado también para los usuarios que ejercen de canales de comunicación y además de consumidores, son a su vez productores de contenidos. Las RRSS (redes sociales) proporcionan de forma interactiva las tendencias de mercado de los prosumidores y toda su información puede ser estudiada a través del Big Data.

> *En esta nueva era los consumidores han pasado a llamarse prosumidores y se diseñan los productos pensando en ellos.*

El comercio digital es cada vez más importante. Cuando se necesita comprar algún producto o servicio, lo primero que hace el futuro cliente es informarse por internet sobre ese producto o servicio, qué webs recomienda internet vía SEO (Search Engine Optimization - optimización de motores de búsqueda), comentarios de clientes previos y qué se dice en RRSS.

Gracias al comercio electrónico, las industrias pueden llegar a mercados globales de una forma mucho más barata que estableciendo tiendas físicas. En este escaparate global que internet proporciona, se puede tener una visibilidad mucho mayor e impactar en un mayor número de potenciales clientes. Los clientes a su vez tienen en su mano mucha información que antes requería ser un experto en el sector. Esto es una auténtica revolución para las industrias cuya venta es el gran público e incluso para la venta a expertos.

Hoy es necesario considerar la experiencia de cliente para definir nuestra empresa. Se entiende la experiencia del cliente desde el primer momento que busca información por internet, pasando por cómo se realiza la propia compra, la ejecución de la propia transacción, el pago, la entrega y el servicio postventa. Los clientes demandan una experiencia multicanal del máximo nivel.

Las compras por internet crecen año a año en un 20% y según las generaciones más jóvenes vayan tomando puestos de más relevancia, el crecimiento será aún mayor. Internet ofrece muchas ventajas como información y entrega a domicilio.

En la web de una empresa la información de sus productos es muy extensa sin necesidad de ver dichos productos de forma física. Para los servicios y la explicación de su valor añadido al usuario, esto es si cabe aún más importante. La realidad virtual y la realidad aumentada son opciones muy interesantes a incorporar. Que la información esté bien explicada en videos, es algo muy apreciado por los clientes.

El ahorro de tiempos y costes de desplazamientos con la entrega a domicilio es el segundo punto clave.

El ancho de banda adecuado a la velocidad requerida por el usuario ha permitido que esto sea posible. Así mismo cada vez más habitantes del planeta poseen un teléfono móvil.

Vender en internet no es sólo poner una tienda online sino trabajar el posicionamiento SEO que a la larga es muy rentable. Para ello se deben trabajar contenidos interesantes sobre los productos o servicios que se ofrezcan y conseguir que toda la experiencia del cliente sea excelente teniendo en cuenta la logística, el servicio post venta, las devoluciones y las incidencias. Hay que conseguir fidelizar al cliente y que recomiende nuestros productos y servicios.

Un prosumidor es un cliente exigente con la calidad y con un buen nivel de conocimientos sobre las posibilidades del producto o servicio que nosotros vendemos. Es posible que se comunique con nuestra empresa incluso para sugerir mejoras. Algunas tecnologías como la impresión 3D permiten una alta personalización de los productos, por lo que se podrá dar respuesta personalizada a estos prosumidores.

A través del Big Data Marketing puede obtener información de posibles clientes para poder ofrecer a cada persona una experiencia personalizada. Algoritmos de inteligencia artificial permiten a algunas

industrias anticiparse a los deseos de los clientes. Con estas tecnologías una industria puede anticiparse a las necesidades de un cliente y enviarle mensajes personalizados a través de todos los canales disponibles.

Una parte de la publicidad cada vez más usada es la OBA (online behavioural advertising), es decir se basa en el comportamiento de las personas en línea. Los datos que las empresas recopilan de los usuarios no están vinculados a una identidad personal, sino que intentan hacer suposiciones sobre gustos, edad, etc. en función de la navegación de dicho usuario.

Las empresas han cambiado también completamente su forma de comunicar. Además de aparecer en medios especializados trabajados a través de la tradicional de nota de prensa, entrevistas, contenido interesante para el blog, RRSS y newsletters, hoy las industrias deben comunicarse también a través de otros medios.

Es muy interesante la realización de webinars en los que se cuenten las soluciones tecnológicas de nuestra empresa. Para que tenga éxito este evento, debemos conseguir una numerosa audiencia y dar a conocer el webinar. Debemos difundirlo bien a través de Marketing para que se le dé muy buena difusión y que mucha gente lo siga. Para ello se debe contactar también con influencers y líderes de opinión adecuados de la temática que queremos abordar.

Otra forma de comunicar muy interesante es la creación de whitepapers o documentos con contenido de calidad que tienen por objetivo proporcionar soluciones a problemas o indagar de forma más amplia en el tema a tratar.

La generación de contenido debe realizarse también en nuevas plataformas innovadoras tecnológicas como el podcast y el vídeo que son cada vez más consumidos.

Para que nuestra página web comunique muy bien, podemos tener un catálogo de consulta con realidad aumentada, grabar un vídeo 360º de nuestras instalaciones para visualizarlo en realidad virtual o crear una estrategia de gamificación para, a través del juego, conocer mejor a nuestros clientes y sus necesidades.

Es fundamental conocer quién es tu buyer persona y cómo consume la información. Un buyer persona es una representación semi-ficticia de un cliente tipo. Nos ayuda a definir nuestro público ideal al que se pretende atraer. Esto afecta tanto a las industrias más orientadas al B2B como aquellas más orientadas al B2C. No olvidemos que quienes van a buscar una industria y sus soluciones siempre serán personas y éstas cada vez se informan más y buscan respuestas en internet.

3. Liderazgo

Todas estas tecnologías expuestas anteriormente, son una multiplicidad de posibilidades que el director general deberá tener muy en cuenta. Apostar por las más adecuadas para incrementar la propuesta de valor añadido de la empresa, será uno de los focos en los que centrar su plan estratégico. Deberá para ello ser capaz de motivar al equipo para su exitosa implementación y ello será la clave del éxito.

La aplicación de cualquiera de las tecnologías de la Industria 4.0 es replicable por la competencia, sin embargo, es mucho más difícil copiar el cómo se aplica y qué valor añadido consigue dar a la empresa.

En el principio de este documento, hacía referencia a que el hombre constituía el centro dentro de este laberinto de caminos y opciones. La clave de ese diferencial entre la tecnología aplicada en tu industria o aplicada en una de la competencia, es sin duda el equipo que trabaja en esa empresa y que es lo que puede hacerla más diferencial. Acertar con la tecnología constituye ya un diferencial, pero un equipo motivado y bien liderado la acelerará y será capaz de conseguir un cambio exitoso hacia una industria innovadora, cuya propuesta de valor sea diferencial.

> *...la tecnología constituye ya un diferencial, pero un equipo motivado y bien liderado la acelerará y será capaz de conseguir un cambio exitoso hacia una industria innovadora...*

3.1 VISIÓN Y EMPATÍA

Para liderar este equipo, el director general tendrá que ser capaz de crear la visión estratégica de lo que considera importante generando las expectativas adecuadas en el equipo y consiguiendo que éste le siga tanto desde el punto de vista intelectual como emocional. La visión no se convertirá en realidad sin un equipo que crea en ella. Para ello es fundamental tener las personas adecuadas, desarrollarlas, darles capacidad de decisión y alinearlas con los adecuados incentivos y reconocimiento. Se trata de unir al equipo para que trabaje cohesionado para conseguir un fin común en el que todos crean.

La visión de lo que el director general quiere como objetivo estratégico a largo plazo para la empresa, no puede ser algo suyo que imponga a su equipo. El equipo debe sentirse cocreador de esta visión. Cuando una idea la consideramos nuestra, luchamos de manera muy diferente por ella.

El director general debe ser capaz de crear compromiso en el equipo y conectar con él. Cómo se comunica tanto él como el equipo en sí, es importante. El asertividad debe ser el elemento común sobre el que se base la comunicación. El director general debe ser inspirador, escuchar con atención, humilde para aprender y empático. Es muy importante tratar de conocer la personalidad de cada una de las personas del equipo, así como sus motivaciones.

Cuando un director general comunica debe ser inspirador. Para ello no debe improvisar sino prepararse bien lo que va a decir, así como dejar a la gente que participe en esta comunicación. El cómo se dicen los mensajes es importante. Los mensajes deben ser claros tanto en el plano profesional como en el emocional y se deben abarcar ambos planos. Muchas veces el uso del Storytelling nos puede ayudar en ello. Entendemos Storytelling por el arte de contar una historia, aprovechando la creación de una atmósfera mágica a través del relato.

El director general debe escuchar a su equipo y ser humilde para aprender. Esto significa estar abierto a cambiar de opinión. Al escuchar hay que pensar que el otro puede tener razón y aunque los otros piensen de un modo diferente, hay que pensar que puede que sea el otro quien tenga la razón. Si un director general pierde la capacidad de escucha y la

humildad, se estará desperdiciando mucho talento y oportunidades de construir de forma más rica y completa. Esta humildad y capacidad de aprender deben ser algo que se extienda en todos los niveles de la organización. La cultura de la escucha será siempre beneficiosa.

Si un director general es empático y cercano a la gente, conseguirá su apoyo mucho más fácilmente que alguien en un trono distante. Entender a cada persona, sus circunstancias y ambiciones, consiguiendo alinear los objetivos de la compañía con sus aspiraciones personales, facilitará el logro global. Dejar a la gente que conozca a la persona que hay detrás del director general, facilita la conexión con las otras personas. Hay que entender el impacto de lo que se dice a otros ya que como bien dice Maya Angelou "Las personas olvidarán lo que dijiste y lo que hiciste, pero nunca olvidarán cómo las hiciste sentir."

Muchas veces el director general es reconocido más por su faceta de logros, es decir, la de conseguir buenos resultados para la empresa. Finalmente, esta parte es la razón última por la que el director general debe trabajar: la consecución de buenos resultados. Pero será muy difícil conseguirlos si no trabaja con las tecnologías adecuadas, sabiendo innovar para no quedarse atrás y teniendo al equipo motivado y luchando de corazón por ello. Aunque Teseo estuvo solo en su lucha contra el minotauro, es el equipo es el que da la fuerza al director general si desea que su empresa salga victoriosa del laberinto.

3.2 MILLENIALS

Por si todo esto no fuera lo suficientemente complicado, hay que tener en cuenta que la fuerza laboral mayoritaria está cambiando.

EL director general debe poner foco en encontrar el talento en la generación Milennial ya que los Baby Boomers irán poco a poco siendo sustituidos y los primeros ya representan más de un tercio de la fuerza laboral. Recordemos las generaciones Baby boom (1949-1968), Generación X (1969-1980) y Millennials (1981-1993).

Es fundamental que un CEO sepa cómo atraer, retener, empoderar y motivar a los mejores millennials. Los millennials están a su vez siendo moldeados por el propio mercado laboral. Es importante tener en cuenta que han comenzado en el mercado laboral en plena recesión económica mundial, con tasas de desempleo juvenil en niveles récord, ciclos económicos en cambio constante y una demanda creciente de nuevas habilidades.

> *Es fundamental que un CEO sepa cómo atraer, retener, empoderar y motivar a los mejores millennials.*

Los millennials saben que trabajarán más duro y durante más tiempo que las generaciones anteriores, por lo que ya se están preparando para una gama más amplia de trabajos y por más tiempo. Priorizan tres cosas al elegir dónde y cómo trabajar: dinero, seguridad laboral y tiempo libre.

El concepto de estabilidad laboral de un millennial cambia mucho respecto al de generaciones precedentes. Los millennial no buscan la estabilidad en un empleo sino la de una trayectoria. En cada trabajo buscan aprender en él para seguir teniendo las habilidades que el mercado demanda. Se busca más en el trabajo una forma de mejora profesional que el propio trabajo en sí como fin. Cada trabajo se ve como una forma de mejorar, hacer networking y de esta forma poder aspirar a un siguiente trabajo mejor.

Para que un millennial considere quedarse en la empresa, debe ver claro que le hará mejorar personalmente. Por ello es importante que vean ejemplos de otras personas que han progresado gracias a la formación y al desarrollo interno que han conseguido.

En lo que más coinciden los millennials es en cuidarse a sí mismos. Consideran prioridad disponer de tiempo para ellos, sobre todo de ocio y valoran la posibilidad de gestionar dicho tiempo. Para ellos es normal cogerse ciertas interrupciones durante tiempos importantes para temas familiares o de otro tipo. También valoran activamente disfrutar de un entorno de trabajo flexible.

El reconocimiento y el aprecio son fundamentales. Mantener un contacto más estrecho y encontrar nuevos canales para fomentar el reconocimiento y la comunicación de gerentes y colegas es una forma efectiva y de bajo costo de involucrar a los millennials en sus puestos.

Con los millennials no valen las evaluaciones semestrales o anuales, ni los objetivos a muy largo plazo, necesitan que se hable con ellos sobre su desarrollo y de cómo el trabajo actual los va a llevar a una mejora cierta en un futuro próximo. Es por ello importante ponerles unos objetivos a corto plazo y mostrarles reconocimiento.

Consideran de gran importancia que la empresa para la que trabajen contribuya a la protección social y medioambiental. Muchos de ellos incluso no aceptarían un trabajo de una empresa que no tenga prácticas sólidas de RSC (Responsabilidad Social Corporativa). Todo un reto dentro del laberinto el saber motivar a estas nuevas generaciones.

4. INDUSTRIA 5.0.

Continuamos avanzando dentro del laberinto y ya somos conscientes de que cuando alcancemos su centro o meta en sentido figurado, vamos a visualizar al hombre mismo. En relación con ello, se ha acuñado otro nuevo y significativo término que es la Industria 5.0.

El término Industria 5.0 se introdujo por primera vez el 1 de diciembre de 2015 en un artículo publicado por Michael Rada. El artículo se llama "De lo virtual a lo físico". Se trata de una transformación sistémica que incluye el impacto en la sociedad civil, las estructuras de gobernanza y la identidad humana, además de ramificaciones exclusivamente económicas o de fabricación.

En la Industria 5.0, se plantean objetivos sociales más allá del crecimiento económico. Se trata de poner la tecnología y la innovación al servicio de una transición hacia un modelo más sostenible, resiliente y centrado en las personas:

- Sostenibilidad: protección del medioambiente y gestión eficiente de los recursos escasos.
- Resiliencia: La industria del futuro debe priorizar los sectores económicos estratégicos y de mayor valor añadido, fomentando el desarrollo de procesos de producción flexibles y robustos que permitan la adaptación rápida a cambios sociales, económicos o tecnológicos.
- Foco en las personas. Las personas deben ser el elemento central de esta transformación, tanto desde el punto de vista del medio, como del fin. Como un medio, porque no se puede avanzar en un contexto marcado por la innovación sin una recapacitación y adaptación de las personas a las nuevas tendencias tecnológicas; como un fin, porque debe ser el bienestar y la seguridad del conjunto de la sociedad el principal objetivo a perseguir.

Desde este punto de vista ampliamos el sentido del hombre en el centro del laberinto porque todo lo que hagamos con toda esta innovación que está teniendo lugar en el seno de la industria, sólo tendrá sentido si se hace por y en beneficio del hombre.

Este concepto de Industria 5.0 no sería un paso posterior de la 4.0 sino una visión que completa y amplía sus características distintivas, utilizando la tecnología como un catalizador para un nuevo modelo económico más humano. Se trata de poner a la persona en el centro de forma que el crecimiento sea sólo una herramienta, al igual que la tecnología, y no el objetivo último. Se reconoce el poder de la industria para lograr objetivos sociales más allá del empleo y el crecimiento para convertirse en un proveedor resiliente de prosperidad, haciendo que la producción respete los límites de nuestro planeta y colocando siempre al hombre en el centro.

5. Conclusiones

Muchos son los avances que la Industria 4.0 está trayendo a nuestra sociedad. Debemos recordar que son los hombres quienes crean estos avances y que el fin de toda esta tecnología debe ser el hombre mismo.

Sin un equipo motivado y liderado hacia el foco estratégico adecuado y que viva como propios los avances, será muy complicada su implementación. Las probabilidades de éxito de la nueva tecnología aumentan al ser realizadas por un equipo que crea en ella.

Ni la tecnología en sí misma ni el crecimiento económico deben ser considerados como un fin. En cambio, debemos tener presente en todo momento los valores éticos que deben regir los cambios acelerados que estamos viviendo y hacer que toda esta nueva tecnología sirva al hombre.

Que los avances tecnológicos en la industria no se conviertan en el minotauro para la humanidad, sino que formen ese ovillo que contenga el hilo conductor que nos lleve hacia una salida del laberinto.

Que el hombre sea el centro del laberinto, este símbolo del centro espiritual del ser, de la sabiduría que se alcanza tras ese difícil viaje. Que trabajemos por y para el hombre, siendo él mismo el único fin último posible y que por tanto coloquemos siempre al hombre en el centro del laberinto.

Bibliografía

LIBROS Y DOCUMENTOS:

- Schwab, Klaus. "Shaping the Future of the Fourth Industrial Revolution: A Guide to building a better world" Noviembre 2018
- Schwab, Klaus. "La cuarta revolución industrial". Noviembre 2016
- Álvarez Satorre, Luis. "Becoming a 3D CEO". Junio 2018
- Garrell, Antoni y Guilera, Llorenç. "La industria 4.0 en la sociedad digital". Enero 2019
- Villanueva, Julián y de Toro, Juan Manuel, "Marketing estratégico". Diciembre 2015
- García Agustín, Laura. "¿Hacemos las paces? Septiembre 2003
- European Commission. Industry 5.0: Towards a sustainable, resilient, and human-centric Industry. January 2021 https://ec.europa.eu/info/news/industry-50-towards-more-sustainable-resilient-and-human-centric-industry-2021-jan-07_en
- Romero, David, Stahre, Johan, Wuest, Thorsten, Noran, Ovidiu, Bernus, Peter, Fast-Berglund, Åsa AB Fast, Gorecky, Dominic. "Towards an operator 4.0 typology: a human-centric perspective on the fourth industrial revolution technologies" Octubre 2016 https://www.researchgate.net/publication/309609488_Towards_an_Operator_40_Typology_A_HumanCentric_Perspective_on_the_Fourth_Industrial_Revolution_Technologies
- Estrategia y Negocios. "Cómo trabajar con un millennial". Agosto 2016 https://www.estrategiaynegocios.net/empresasymanagement/management/989325-330/c%C3%B3mo-trabajar-con-un-millennial
- Manpower Group: "Carreras profesionales de los millennials. Horizonte 2020" Julio 2014 https://www.manpowergroup.es/estudio-carreras-profesionales-millennials-horizonte-2020
- PWC, "Millennials at work – Reshaping the workplace." November 2011. https://www.pwc.de/de/prozessoptimierung/assets/millennials-at-work-2011.pdf
- International Society of Automation. "Welcome to Industry 5.0." April 2018 https://www.isa.org/intech/20180403/
- Rada, Michael. (2018) "Industry 5.0 definition". January 2018 https://medium.com/@michael.rada/industry-5-0-definition-6a2f9922dc48
- Kadir Alpaslan, Demir y Halil Cicibas " The Next Industrial Revolution Industry 5.0 and Discussions on Industry 4.0, January 2019 https://www.researchgate.net/publication/336653504_The_Next_Industrial_Revolution_Industry_50_and_Discussions_on_Industry_40

Begoña Hernández

Begoña Hernández de Aguirre es ingeniero industrial (ICAI) y máster PDG por IESE. Con más de 25 años de experiencia en los sectores industriales de fabricación aditiva, packaging, alimentación, tabaco, químico y farmacéutico; en las áreas de Operaciones, Comercial y Dirección General, estando los últimos 14 años en posiciones de Dirección.

Perfil multidisciplinar, habiendo ocupado posiciones en distintas áreas. Tiene amplia experiencia en procesos de cambio, desarrollo de negocio, definición de estrategia y planes comerciales, optimización de costes, negociación y gestión de proyectos complejos, realizados en diferentes países de Europa, África y América.

Mesa 2 / Ponencia 3

EL PLAN DE RECUPERACION, TRANSFORMACIÓN Y RESILIENCIA DE ESPAÑA: UNA OPORTUNIDAD PARA LA INDUSTRIA

Raül Blanco Díaz. *Secretario general de industria y de la PYME. Ministerio de Industria, Comercio y Turismo.*

María Muñoz Martínez. *Subdirectora general de apoyo a la PYME. Ministerio de Industria, Comercio y Turismo.*

1. Introducción

La irrupción del COVID-19 a principios de 2020 ha tenido un **fuerte impacto sobre la economía y la sociedad españolas**, poniendo fin a más de cinco años de crecimiento y llevando a una caída de actividad particularmente intensa en aquellos **sectores más afectados por la contracción de la demanda y las restricciones a la movilidad**; entre ellos: el **turismo, transporte, hostelería, comercio o la industria**.

La i**mportante caída del PIB, que en España superó el 10% en el conjunto de 2020**, ha supuesto un **reto sin precedentes en nuestra historia reciente** y ha llevado a una respuesta de política económica de calado histórico, muy distinta de la de crisis anteriores, tanto a nivel nacional como europeo y global.

Al inicio de la pandemia, **la prioridad del Gobierno** fue **abordar la crisis sanitaria**, para evitar un desastre aún mayor en términos de vidas humanas. Desde la Secretaría General de Industria y de la PYME se adoptaron medidas de *"economía de guerra"* para lograr, contrarreloj, mayor capacidad de producción de equipos de protección para el personal sanitario, respiradores para las personas enfermas, etc. así como para dar continuidad a la actividad de sectores esenciales, asegurando el abastecimiento a la población.

Esta situación vivida con enorme tensión en la mayoría de los países del mundo ha desencadenado en la **Unión Europea una nueva apuesta** por el **for-**

talecimiento de la base tecno-industrial, que ha sido bautizada como ***"soberanía industrial"*** o ***"autonomía estratégica abierta"***. De ello hablaremos más adelante.

En segundo lugar, en España se desplegó una **extensa "red de seguridad", a través de una importante inyección de recursos públicos y otras medidas regulatorias, laborales y financieras**, para sostener **el tejido productivo, el empleo y las rentas de las familias**, lo que permitió mitigar el impacto social y económico de la crisis.

En efecto, se estima que las medidas puestas en marcha han evitado en España **una caída del PIB superior al 25% en 2020** y la **destrucción de más de 3 millones de puestos de trabajo**. La importante **inversión de recursos públicos** mediante **créditos, avales, moratorias** y también **ayudas directas**, especialmente los ERTE y la prestación para trabajadores autónomos, ha permitido un ajuste empresarial alternativo al despido y preservado buena parte del empleo y las rentas de las familias, manteniéndose una **tasa media de paro del 15,5%** sin parangón con la destrucción de empleo de crisis previas.

Además de las medidas generales, se pusieron en marcha **planes sectoriales** dirigidos a los sectores más afectados por las restricciones a la movilidad y caídas de demanda, como el del **turismo, transporte** o la **automoción**, con gran peso en el PIB nacional y en la exportación y un elevado efecto arrastre sobre el resto de la economía.

Todas estas medidas de respuesta a los efectos directos de la crisis, que supusieron aproximadamente un **20% del PIB en 2020 entre medidas de liquidez y apoyo directo, no son sin embargo suficientes para garantizar la plena recuperación** del PIB previo a la pandemia, **ni para corregir los desequilibrios**, nuevos y heredados y hacer frente a los retos futuros.

En este contexto, los nuevos instrumentos comunitarios de financiación **Next Generation EU** y, dentro de éste, el **Mecanismo de Recuperación y Resiliencia** (MRR), constituyen una ocasión extraordinaria para contrarrestar el impacto de la pandemia sobre la inversión y la actividad económica en la Unión.

En efecto, **el MRR proporcionará a España hasta 140.000 millones de euros en transferencias y créditos en el periodo 2021-2026**, que se unirán al resto de instrumentos previstos en el **Marco Financiero Plurianual de la UE 2021-2027** (como son los Fondos Estructurales).

2. Una oportunidad para la industria europea y española

Durante los peores meses de la pandemia, en la primavera de 2020, se produjo en muchos países del mundo y en concreto de la Unión Europea, un fenómeno sin precedentes: **la interrupción de las cadenas de valor industriales** por falta de suministro de materias primas e insumos procedentes de terceros países. El **desabastecimiento** generó tensiones entre los propios Estados miembros, que cerraban sus fronteras para evitar exportaciones de productos farmacéuticos y sanitarios. El **mercado interior dejó de funcionar**.

La **Unión Europea reaccionó con prontitud** y con una visión socioeconómica más realista que durante la crisis de 2008, poniendo en valor el propio concepto de Unión Europea y el mercado interior, adoptando medidas sin precedentes, como los fondos de recuperación *"Next Generation EU"* y estrategias adaptadas a la nueva realidad de la pandemia.

Y es que, con el mundo paralizado por las medidas de confinamiento, fuimos conscientes de **la relevancia de la industria** y de lo que **ésta supone para la sociedad y el Estado del bienestar**. Nos replanteamos la necesidad de **reforzar la base industrial europea**, una idea que se venía gestando desde hace décadas y que ahora adquiere un protagonismo especial.

> *...con el mundo paralizado [...] fuimos conscientes de la relevancia de la industria y de lo que ésta supone para la sociedad y el Estado del bienestar*

Los Estados miembros así lo acordaron durante el **Consejo Europeo de 1 y 2 de octubre de 2020**, definiendo la ***"autonomía estratégica abierta"*** como el modelo a seguir en la próxima década. **La autonomía no debe identificarse con proteccionismo** sino con **resiliencia**, la necesaria para afianzar la competitividad europea, reduciendo las vulnerabilidades en un escenario global cada vez más incierto.

La **soberanía industrial** se ha situado en primera línea en la agenda política europea y es un elemento clave en la **recuperación económica**. Son necesarias inversiones masivas para **recapitalizar las capacidades industriales**, en las que Europa había cedido quizá demasiado terreno y **acortar las cadenas de valor**, con objeto de **relocalizar de forma inteligente y estratégica la producción en Europa**, al tiempo que se refuerza el mercado interior, su principal activo.

En efecto, la pandemia ha aflorado deficiencias y también fortalezas de la economía española y ha puesto de relieve la necesidad urgente de **situar en un primer plano la base industrial** no sólo en **España sino en la Unión Europea**. Estos cambios se venían gestando desde hace tiempo, pero la pandemia los ha acelerado, evidenciando la **dependencia externa** en materiales tan básicos como las mascarillas, ciertos medicamentos o respiradores, provocando interrupciones en las cadenas de suministro, entre otros de: microchips, materias primas, sustancias químicas básicas, etc. También ha evidenciado que el Mercado Interior Europeo debe ser defendido y reforzado para afrontar situaciones tan extremas como la vivida.

Así, la **soberanía industrial de Europa** se ha situado en primera línea de prioridad y es un vector clave del plan europeo de recuperación económica, "Next Generation EU". Son necesarias inversiones masivas para reforzar y acortar las cadenas de valor industriales y para reubicar de forma inteligente y estratégica la producción en Europa y en España, así como para aprovechar las nuevas oportunidades que ofrecen **nuevos sectores industriales** como el asociado al hidrógeno renovable o el derivado de la explotación offshore de energías renovables marinas. Ello deberá acompañarse de las necesarias **cualificaciones y capacidades** en los recursos humanos para abordar tales cambios.

> *...la soberanía industrial de Europa se ha situado en primera línea de prioridad...*

La industria, en definitiva, debe ser el **motor del cambio** que permita consolidar nuestra competitividad, con una apuesta clara por la I+D+i, la sostenibilidad, la digitalización o las alianzas público-privadas.

Esta relevancia de la industria y la necesidad de desarrollar un modelo más resiliente, verde y digital, quedan reflejados en el **Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia de España** presentado por el Presidente del Gobierno el 7 de octubre de 2020 y aprobado definitivamente por la Comisión y el Consejo Europeo el 13 de julio de 2021.

3. El plan de recuperación, transformación y resiliencia

El **Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia (PRTR)** prevé la movilización de más de **140.000 millones de euros** de inversión pública hasta 2026, con una fuerte concentración de las inversiones y reformas en una primera fase, que cubre el periodo 2021-2023, con el fin de impulsar la recuperación y lograr un máximo impacto contracíclico.

En una primera fase, se prevé movilizar casi **70.000 millones de euros** de transferencias del MRR, que podrán complementarse con la solicitud de los créditos previstos en el MRR más allá de 2023 hasta cubrir los 140.000 millones de euros en caso necesario.

El Plan sigue las pautas marcadas por la Unión Europea, por el Reglamento del Mecanismo de Recuperación y Resiliencia, así como la Agenda del Cambio, la Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible de Naciones Unidas.

El PRTR se estructura en **10 políticas palanca y 30 componentes** que se recogen en la tabla a continuación. En total, **212 medidas**, de las que **110 son inversiones** y **102 reformas**, para el periodo 2021-2023. Todas ellas determinarán la evolución futura de nuestro país.

POLITICAS PALANCA Y COMPONENTES

I. Agenda urbana y rural, lucha contra la despoblación y desarrollo de la agricultura

1. Plan de choque de movilidad sostenible, segura y conectada en entornos urbanos y metropolitanos

2. Plan de rehabilitación de vivienda y regeneración urbana

3. Transformación ambiental y digital del sistema agroalimentario y pesquero

II. Infraestructuras y ecosistemas resilientes

4. Conservación y restauración de ecosistemas y su biodiversidad

5. Preservación del espacio litoral y los recursos hídricos

6. Movilidad sostenible, segura y conectada

III. Transición energética justa e inclusiva

7. Despliegue e integración de energías renovables

8. Infraestructuras eléctricas, promoción de redes inteligentes y despliegue de la flexibilidad y el almacenamiento

9. Hoja de ruta del hidrógeno renovable y su integración sectorial

10. Estrategia de Transición Justa

IV. Una Administración para el siglo XXI

11. Modernización de las Administraciones públicas

V. Modernización y digitalización del tejido industrial y de la pyme, recuperación del turismo e impulso a una España nación emprendedora

12. Política Industrial España 2030

13. Impulso a la pyme

14. Plan de modernización y competitividad del sector turístico

15. Conectividad Digital, impulso de la ciberseguridad y despliegue del 5G

VI. Pacto por la ciencia y la innovación. Refuerzo a las capacidades del Sistema Nacional de Salud

16. Estrategia Nacional de Inteligencia Artificial

17. Reforma institucional y fortalecimiento de las capacidades del sistema nacional de ciencia, tecnología e innovación

18. Renovación y ampliación de las capacidades del Sistema Nacional de Salud

VII. Educación y conocimiento, formación continua y desarrollo de capacidades

19. Plan Nacional de Competencias Digitales (digital skills)

20. Plan estratégico de impulso de la Formación Profesional

21. Modernización y digitalización del sistema educativo, incluida la educación temprana de 0 a 3 años

VIII. Nueva economía de los cuidados y políticas de empleo

22. Plan de choque para la economía de los cuidados y refuerzo de las políticas de inclusión

23. Nuevas políticas públicas para un mercado de trabajo dinámico, resiliente e inclusivo

IX. Impulso de la industria de la cultura y el deporte

24. Revalorización de la industria cultural

25. España hub audiovisual de Europa (Spain AVS Hub)

26. Plan de fomento del sector del deporte

X. Modernización del sistema fiscal para un crecimiento inclusivo y sostenible

27. Medidas y actuaciones de prevención y lucha contra el fraude fiscal

28. Adaptación del sistema impositivo a la realidad del siglo XXI

29. Mejora de la eficacia del gasto público

30. Sostenibilidad a largo plazo del sistema público de pensiones en el marco del Pacto de Toledo

A continuación, recogemos las **principales inversiones previstas en el PRTR**, que dan idea de las prioridades que se van a abordar en los próximos años con mayor intensidad. Los principales temas son: movilidad sostenible, rehabilitación de vivienda, digitalización, modernización de la administración, industria o turismo, tal y como se muestra en la tabla siguiente.

LOS 20 PROGRAMAS TRACTORES DE INVERSIÓN	MEUR 2021-2023
1. Estrategia de Movilidad Sostenible, Segura y Conectada	13.203
2. Programa de Rehabilitación de Vivienda y Regeneración Urbana	6.820
3. Modernización de las Administraciones públicas	4.315
4. Plan de Digitalización de Pymes	4.066
5. Hoja de Ruta del 5G	3.999
6. Nueva Política Industrial España 2030 y Estrategia de Economía Circular	3.782
7. Plan Nacional de Competencias Digitales	3.593
8. Modernización y Competitividad del Sector Turístico	3.400
9. Desarrollo del Sistema Nacional de Ciencia e Innovación	3.380
10. Despliegue e integración de energías renovables	3.165
11. Nueva Economía de los Cuidados	2.492
12. Nuevas Políticas Públicas para un Mercado de Trabajo Dinámico, Resiliente e Inclusivo	2.363
13. Preservación del Litoral y Recursos Hídricos	2.091
14. Plan Estratégico de Formación Profesional	2.076
15. Modernización y Digitalización del Sistema Educativo	1.648
16. Conservación y restauración de ecosistemas y biodiversidad	1.642
17. Hoja de Ruta del Hidrógeno Renovable	1.555
18. Infraestructuras Eléctricas, Redes Inteligentes, Almacenamiento	1.365
19. Renovación y Modernización del Sistema Sanitario	1.069
20. Estrategia Nacional de Inteligencia Artificial	500

El conjunto de las inversiones del RTR contribuyen con un **39%** del total de recursos a impulsar la **transición ecológica** y un **29% a la transformación digital,** superándose en ambos casos los umbrales que establece el Reglamento del MRR de al menos un 37% y 20% respectivamente.

En paralelo con las inversiones, el Plan prevé acometer importantes **reformas**, claves para la **modernización de la estructura económica y social de España.** Por ejemplo, en áreas como: la industria, el emprendimiento y las PYME, la transición ecológica, el modelo energético o el despliegue del 5G.

...contribuyen con un 39% del total de recursos a impulsar la transición ecológica y un 29% a la transformación digital...

LAS 20 PRINCIPALES REFORMAS DEL PLAN DE RECUPERACIÓN
1. Ley de cambio climático y transición energética
2. Desarrollo de un sistema energético, robusto y flexible, despliegue e integración de renovables
3. Hoja de Ruta del Hidrógeno Renovable
4. Resiliencia y Adaptación de Ecosistemas, Desarrollo y Conectividad de Infraestructuras Verdes
5. Ley de Aguas y Plan Nacional de Depuración, Saneamiento, Eficiencia, Ahorro y Reutilización
6. Modernización de la Política Agrícola y Pesquera – Protección del suelo y uso eficiente del agua
7. Política de Residuos e Impulso de la Economía Circular
8. Modernización del Sistema Nacional de Ciencia y Apoyo a la Innovación
9. Estrategia de Movilidad Sostenible y Conectada
10. Nueva Política de Vivienda
11. Modernización de la Justicia
12. Modernización y Digitalización de la Administración
13. Mejora de la Calidad Regulatoria y Clima de Negocios – Reforma concursal
14. Modernización y Refuerzo del Sistema Nacional de Salud
15. Modernización y Refuerzo del Sistema Educativo, de Formación Profesional y de la Universidad
16. Nuevas políticas públicas del Mercado de Trabajo – hacia un estatuto de los trabajadores del Siglo XXI
17. Nueva Economía de los Cuidados
18. Refuerzo de las Políticas de Inclusión y Servicios Sociales
19. Modernización y Progresividad del Sistema Fiscal
20. Refuerzo del Sistema de Pensiones

4. Componente 12: política industrial ESPAÑA 2030

Dentro del PRTR, debemos citar por su especial relevancia para el sector industrial, el **Componente 12**, específicamente dedicado a **impulsar la modernización y la productividad del ecosistema español de industria-servicios**, mediante la **digitalización** de la cadena de valor, el impulso de la **productividad**, la competitividad y la **eficiencia energética** de los sectores estratégicos.

El **Componente 12** abordará los siguientes **objetivos** entre 2021 y 2023:

i) **Digitalización de sectores estratégicos**, salud, automoción, turismo y comercio, además del agroalimentario, estableciendo mecanismos de colaboración público-privada para el desarrollo de soluciones tecnológicas que aumenten la productividad a lo largo de toda la cadena de valor de estos sectores, en los que España cuenta con una posición de liderazgo.

ii) **Modernización y sostenibilidad de la industria**, con especial atención al acompañamiento de la transformación de la industria electrointensiva.

iii) **Impulso de las industrias tractoras "verdes" y digitales**, incluyendo los proyectos de interés común europeo.

iv) **Estrategia Española de Economía Circular** y modernización del sistema de gestión y tratamiento de residuos.

La inversión estimada total de este componente para el trienio 2021-2023 asciende a **6.106 millones**

de euros, de los cuales más de la mitad, **3.781 millones, proceden del Mecanismo de Recuperación y Resiliencia.**

Estas inversiones se acompañarán de reformas relevantes en el ámbito de la industria. Entre ellas:

- **La reforma de la actual Ley de Industria**, que data de 1992 previa a toda la digitalización y principales orientaciones hacía su sostenibilidad y aprovechamiento de la economía circular, así como los actuales procesos de servitización de la industria. La norma, de carácter básico, se adecuará a los estándares actuales de la doble transición europea en sostenibilidad y digitalización, así como mecanismos más actualizados de vigilancia de productos en el mercado.
- **El desarrollo de la Estrategia Industrial 2030**, a través del **Foro de Alto Nivel de la Industria**, con amplia participación del sector privado y otros agentes relacionados con la industria.
- El desarrollo de un **Pacto de Estado por la industria**, que afiance las transformaciones industriales en nuestro país en los próximos años, independientemente de los ciclos políticos.

5. Proyectos Estratégicos para la Recuperación y la Transformación (PERTE)

El Presidente del Gobierno, en su comparecencia ante el Congreso de los Diputados el 14 de abril de 2021 hacía una especial mención a la **figura de los "PERTE", Proyectos Estratégicos para la Recuperación y la Transformación**:

Los PERTE están concebidos como un mecanismo de impulso y coordinación de proyectos prioritarios y emblemáticos, que sean especialmente complejos o en los que exista un claro fallo de mercado, externalidades importantes o una insuficiente capacidad de inversión por parte del sector privado. Los PERTE van a impulsar la colaboración público-privada y serán fundamentales para la transformación y la recuperación económica de nuestro país, actuando sobre las cadenas de valor de los sectores estratégicos… Ya estamos trabajando, como saben, en la puesta en marcha de un primer PERTE para el desarrollo del vehículo eléctrico.

Los PERTE nacen en la propia Secretaría General de Industria y de la PYME, a imagen y semejanza de los IPCEIS de la Unión Europea: grandes proyectos transformadores de las principales cadenas de valor, como la automoción, el agroalimentario o el farmacéutico.

Para definir los diferentes PERTE, la SGIPYME desarrolló antes de finales del 2020 una "call" o llamada a una manifestación de interés (MDI), solicitando propuestas transformadoras y estratégicas a los sectores industriales españoles. Se recibieron más de 700 propuestas que fueron analizadas con el fin de identificar los sectores clave en los cuales existen proyectos de suficiente dimensión y envergadura, para adaptarse al esquema de los PERTE.

Uno de los sectores seleccionados fue el de la **automoción**, cuyo objetivo es **desarrollar en España el ecosistema para la fabricación de vehículos eléctricos y conectados**, para una nueva movilidad. El PERTE VEC fue seleccionado por Presidencia del Gobierno para ser el primer PERTE español, allanando los obstáculos técnicos y administrativos para su implementación con el apoyo de los fondos de recuperación.

Los **objetivos del PERTE VEC** están en línea con los conceptos mencionados a lo largo de este artículo, recurrentes en la futura política industrial europea: **autonomía estratégica, modernización, descarbonización y digitalización**. En concreto el PERTE VEC persigue:

- **Garantizar la resiliencia de nuestra economía**, y particularmente de la industria del automóvil.
- **Impulso a la inversión industrial, basada en proyectos de innovación**, que permitan a España posicionarse como plataforma mundial en la producción de vehículos de nulas emisiones de CO2 y en la fabricación de elementos clave para esos vehículos –como las baterías o el hidrógeno renovable-.
- **Ampliar la autonomía industrial de nuestro país**, en coherencia con el marco europeo, acercando la producción a los puntos de consumo para evitar el desabastecimiento de bienes de primera necesidad en momentos críticos como el actual.
- **Orientación estratégica hacia los compromisos adquiridos por España y la Unión Europea**, para lograr la neutralidad climática en 2050.

- **Integración de las empresas españolas en las grandes cadenas de valor industriales estratégicas** de la movilidad y la automoción, posicionando a nuestro país en el ámbito europeo y global como nodo central de los grandes vectores de transformación del sector.
- **Mejora de la competitividad del sector de la automoción**, a través de la modificación de los marcos regulatorios en ámbitos como la logística, la digitalización o la capacitación profesional que se han quedado obsoletos y no responden a los grandes objetivos estratégicos fijados a 2050.

Con estos fines, el Acuerdo de Consejo de Ministros de 13 de julio de 2021 aprobó el lanzamiento de este PERTE VEC, que prevé movilizar una inversión pública de 3.400 millones de euros, a la que se sumarán más de 19.700 millones de inversión privada inducida.

La ministra de Industria, Comercio y Turismo, Reyes Maroto, lo ha calificado como un "proyecto estratégico e hito histórico" para la industria de automoción, que debe permitir a España liderar el cambio hacia la movilidad del futuro, sostenible, digital y segura. "El sector de la automoción está viviendo una auténtica revolución y nosotros queremos ser parte, queremos escribir una historia de éxito en España, en Europa, liderando su transformación".

6. Cronología desde la perspectiva del consejo europeo

Nos parecía interesante, antes de concluir, recoger **cronológicamente** los **hitos más relevantes** que se han sucedido en estos meses desde la aprobación del Next Generation EU hasta la aprobación del Plan de Recuperación y Resiliencia de España en 2021. Ha sido prácticamente un año de intenso debate y negociación tanto en la Unión Europea como en nuestro país, entre todas las administraciones públicas, el sector privado y los agentes económicos y sociales y representantes de la sociedad civil.

Estos hitos, que recogen la actividad del Consejo Europeo desde julio de 2020 a julio de 2021, resumen muy bien el desarrollo de los acontecimientos y cómo se ha ido fraguando la toma de decisiones que cambiará sin duda nuestro futuro.

2020

17 y 21 de julio. Los dirigentes de la UE alcanzan un acuerdo sobre el paquete de recuperación y el presupuesto europeo para 2021-2027

Reunidos físicamente en Bruselas, los dirigentes de la UE acuerdan un estímulo para la recuperación de 750,000 millones de euros con objeto de ayudar a la UE a hacer frente a la crisis provocada por la pandemia de COVID-19 y un presupuesto a largo plazo de la UE para 2021-2027 de 1,0743 billones de euros.

Se trata de la primera cumbre presencial de dirigentes de la UE desde el brote de la pandemia.

Se ha alcanzado un acuerdo sobre el paquete de recuperación y el presupuesto europeo. Las negociaciones han tenido lugar en un momento muy difícil para todos los europeos y, por supuesto, han sido difíciles, un verdadero maratón que se ha saldado con un éxito para los 27 Estados miembros, pero especialmente para los ciudadanos. Es un buen acuerdo. Es un acuerdo sólido. Y, sobre todo, es el acuerdo que Europa necesitaba en estos momentos.

21 de septiembre. El Consejo establece prioridades para la futura política del mercado único

Un mercado único más profundo y plenamente operativo para una recuperación económica sólida y una Unión Europea competitiva y sostenible.

Pide a la Comisión que evalúe la resiliencia del mercado único y extraiga enseñanzas de la crisis de la COVID-19. Esta evaluación ha de incluirse en un informe que la Comisión presentará a más tardar el 15 de enero de 2021.

1 y 2 de octubre. El mercado único y la transformación digital, pilares de la recuperación de la UE

Los dirigentes de la UE acuerdan que al menos el 20 % de los fondos del Mecanismo de Recuperación y Resiliencia estarán disponibles para la transición digital, en particular para las pequeñas y medianas empresas (pymes).

5 de octubre. El Eurogrupo decide centrarse en la recuperación y el crecimiento a largo plazo

El Eurogrupo adopta su programa de trabajo, que se extiende hasta junio de 2021 y está centrado

en la recuperación económica y el crecimiento a largo plazo.

- **6 de octubre.** Mecanismo de Recuperación y Resiliencia: acuerdo político sobre la posición del Consejo

  Los ministros alcanzan un acuerdo político sobre el Mecanismo de Recuperación y Resiliencia, principal instrumento del paquete de recuperación de 750,000 millones de euros negociado por los dirigentes de la UE en su reunión de los días 17 a 21 de julio.

- **9 de octubre.** COVID-19: el Consejo acuerda su posición sobre el Mecanismo de Recuperación y Resiliencia

- **10 de noviembre.** Marco financiero plurianual: la Presidencia del Consejo alcanza un acuerdo político con el Parlamento Europeo

- **18 de noviembre.** La Presidencia del Consejo y el Parlamento alcanzan un acuerdo político sobre REACT-UE

  La Presidencia alemana del Consejo y el Parlamento Europeo alcanzan un acuerdo político sobre REACT-UE, una iniciativa legislativa de emergencia que prevé poner a disposición de los Estados miembros y las regiones más afectados por la pandemia de COVID-19. 47,500 millones de euros a través de los fondos estructurales. Esta financiación adicional, que forma parte del esfuerzo de recuperación de la UE, Next Generation EU, estará disponible durante dos años: 37,500 millones de euros en 2021 y 1 000 millones de euros en 2022.

- **14 de diciembre.** El Consejo se propone concluir la adopción del MFP y del paquete de recuperación

- **17 de diciembre.** Se adopta el marco financiero plurianual para 2021-2027

  Tras la aprobación del Parlamento Europeo el 16 de diciembre de 2020, el Consejo adopta el Reglamento por el que se establece el marco financiero plurianual (MFP) de la UE para el periodo 2021-2027.

  El Reglamento prevé un presupuesto a largo plazo de 1,0743 billones de euros para la EU-27 a precios de 2018, en el que se ha integrado el Fondo Europeo de Desarrollo. Junto con el instrumento de recuperación Next Generation EU, de 750,500 millones de euros, el presupuesto permitirá a la UE aportar una financiación sin precedentes de 1,8 billones de euros en los próximos años para sustentar la recuperación de la pandemia de COVID-19 y las prioridades a largo plazo de la UE en diferentes ámbitos de actuación.

- **17 de diciembre.** El Consejo aprueba las Conclusiones tituladas «Hacer que la recuperación sea circular y ecológica»

  Tienen por objetivo proporcionar una orientación estratégica global con respecto al amplio espectro de actuaciones contempladas en el Plan de Acción para la Economía Circular, que ha adoptado la Comisión. En las Conclusiones se destaca la función que desempeñará la economía circular en la recuperación tras la COVID-19 y se establece un vínculo con la digitalización, destacando la importancia que esta reviste para que la economía circular alcance su máximo potencial.

- **18 de diciembre. El Consejo y el Parlamento alcanzan un acuerdo provisional sobre el Mecanismo de Recuperación y Resiliencia.**

  El mecanismo, que cuenta con una dotación financiera de 672,500 millones de euros (a precios de 2018), es el eje central del Instrumento de Recuperación de la UE (Next Generation EU).

  Como mínimo un 37 % de la asignación de cada plan debe emplearse para apoyar la transición ecológica y al menos un 20 % para apoyar la transformación digital.

2021

- **11 de febrero.** El Consejo adopta el Mecanismo de Recuperación y Resiliencia

  Dotado de 672,500 millones de euros, es el eje central del instrumento de recuperación Next Generation EU. Ayudará a los Estados miembros a hacer frente a los efectos socioeconómicos del COVID-19 y apoyará la transición ecológica y digital. Los Estados miembros presentarán sus Planes de Recuperación y Resiliencia antes del 30 de abril de 2021, en los que establecerán sus programas de reformas e inversiones hasta 2026.

- **25 de febrero.** Los ministros debaten las sinergias entre los planes nacionales de recuperación y resiliencia y la política industrial

  Los ministros mantienen un debate de orientación sobre la mejor manera de utilizar los planes nacionales de recuperación y resiliencia como instrumento para lograr los objetivos de la política industrial mediante el fortalecimiento de: el mercado único; la doble transición; la autonomía estratégica en una UE abierta.

  Los ministros convienen, en términos generales, en que el Consejo de Competitividad debería desempeñar un papel destacado en la aplicación del Mecanismo de Recuperación y Resiliencia y en que debería facilitar coordinación y orientación en las inversiones que deben realizarse.

  Se pone de relieve que las principales condiciones previas para que Europa salga reforzada y más resiliente de la crisis de la COVID-19 son un mercado único que funcione correctamente y una competencia leal. Los ministros subrayan la importancia de garantizar la libre circulación de bienes y servicios para el buen funcionamiento del mercado único. Destacan la necesidad de que los Estados miembros se coordinen antes de establecer medidas temporales de control en las fronteras interiores de la UE.

- **26 de febrero.** La investigación y la innovación en los planes de recuperación y resiliencia: inversiones y reformas

  Los ministros debaten en torno a la manera en que el Mecanismo de Recuperación y Resiliencia puede contribuir al futuro desarrollo del Espacio Europeo de Investigación (EEI).

  Destacan que la pandemia de COVID-19 pone de manifiesto la importancia de la investigación y la innovación para hacer frente a la crisis sanitaria y económica, así como su potencial para prevenir vulnerabilidades en futuras crisis.

- **22 de abril.** Portugal es el primer país en presentar oficialmente su plan de recuperación y resiliencia.

- **31 de mayo.** Luz verde de todos los Estados miembros al gasto en recuperación de la UE

  La UE puede empezar a distribuir los fondos del Mecanismo de Recuperación y Resiliencia. Con una dotación financiera de 672,500 millones de euros, el mecanismo es el elemento central de Next Generation EU.

- **23 de junio.** El Consejo revisa los primeros planes de recuperación y resiliencia

  La Comisión Europea ha formulado evaluaciones positivas de los planes de recuperación y resiliencia de Alemania, Austria, Bélgica, Dinamarca, Francia, Eslovaquia, España, Grecia, Italia, Letonia, Luxemburgo y Portugal. El Consejo revisará los planes sobre la a propuesta de la Comisión.

- **24 y 25 de junio.** Los dirigentes de la UE examinan el estado de los trabajos de ejecución del plan de recuperación de la UE

- **13 de julio.** Luz verde para los primeros fondos de recuperación de la UE destinados a doce países de la Unión.

  Doce países de la UE (Alemania, Austria, Bélgica, Dinamarca, Eslovaquia, España, Francia, Grecia, Italia, Letonia, Luxemburgo y Portugal) reciben luz verde para el uso de los fondos de recuperación de la UE.

7. Conclusión

La pandemia nos sitúa en un momento único para la transformación económica de España y de la Unión Europea. Por un lado, existe voluntad política para relanzar el papel de la industria como base de la economía y la competitividad de Europa. Asimismo, la pandemia ha acelerado de forma natural procesos como el de la digitalización y la sostenibilidad, caminando con paso firme hacia una Europa -y una industria- climáticamente neutras. Y, por último, disponemos de los recursos para ello, a través de los Fondos de Recuperación.

Está en manos de todos nosotros, Gobierno, sector público y sector privado, hacer de esto una realidad. Para nosotros y para las futuras generaciones.

Bibliografía

- BLANCO DÍA, RAÜL Y TRALLERO SEVILLANO MARÍA. "La soberanía industrial en Europa, necesaria para un mundo impredecible". Expansión. Febrero 2021.
- PRESIDENCIA DEL GOBIERNO. "Modificación de la Ley de Seguridad Nacional". Noticia del Consejo de Ministros. Junio 2021.
- Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia de España. https://planderecuperacion.gob.es/
- https://ec.europa.eu/info/business-economy-euro/recovery-coronavirus/recovery-and-resilience-facility/recovery-and-resilience-plan-spain_en
- Plan de recuperación para Europa. https://ec.europa.eu/info/strategy/recovery-plan-europe_es
- Proposal for a COUNCIL IMPLEMENTING DECISION on the approval of the assessment of the recovery and resilience plan for Spain. COM (2021) 322 final. 16.6.2021
- Reglamento (UE) 2021/241 del Parlamento Europeo y del Consejo de 12 de febrero de 2021 por el que se establece el Mecanismo de Recuperación y Resiliencia. https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2021-80170
- Real Decreto-ley 36/2020, de 30 de diciembre, por el que se aprueban medidas urgentes para la modernización de la Administración Pública y para la ejecución del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia. https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2020-17340

Raül Blanco Díaz es secretario general de Industria y de la Pequeña y Mediana Empresa desde junio de 2018.

Licenciado en economía, cursado dentro del grupo EUS, por la Universidad de Barcelona, postgrado en Desarrollo Local y Regional en la Universidad de Barcelona, postgrado en Inglés Financiero en la Universidad PompeuFabra-British Council. Ha sido director de Desarrollo Económico y Empleo en el Ayuntamiento de L´Hospitalet de Llobregat, gerente de Estrategia Industrial en la Dirección General de Industria de la Generalitat de Catalunya, profesor de economía aplicada en el centro de Estudios Internacionales de la Universidad de Barcelona, profesor de economía aplicada en la facultad de Economía y Empresa de la Universidad Rovira I Virgili, facultad de Economía y Empresa de la Universidad de Barcelona y jefe del servicio de Estudios y Publicaciones del Departamento de Trabajo e Industria de la Generalitat de Catalunya -Cidem.

María José Muñoz

María José Muñoz Martínez es ingeniero industrial de ICAI por la Universidad Pontificia de Comillas, diplomada en Ciencias Empresariales (UOC), posee un MBA en el Instituto de Empresa y es opositora desde 2006 en el Cuerpo de Ingenieros Industriales del Estado.

En 2006 hasta 2009 fue jefa de área en el Ministerio de Industria, Comercio y Turismo. Gabinete de la secretaría general de Industria y PYME. Desarrollando funciones en el ámbito de la Política industrial, la política de apoyo a las PYME, el Plan Nacional de I+D+i y los Fondos Europeos (FEDER en concreto).

Desde 2010 hasta 2019 ejerció como subdirectora general de Programación y Evaluación en el Ministerio de Hacienda. Dirección General de Fondos Europeos. Desarrollando funciones de Negociación del Marco Financiero Plurianual, negociación de los reglamentos que regulan los fondos europeos, elaboración del Acuerdo de Asociación de España y los Programas Operativos FEDER. Diseño e implementación del sistema de seguimiento y evaluación.

Actualmente es directora general de Fondos Europeos en el Ministerio de Hacienda y subdirectora general de Apoyo a la PYME en MINCOTUR.

Mesa 2 / Ponencia 4

ENCUENTRO ENTRE TRANSFORMACIÓN DIGITAL Y SIDERURGIA

Antonio Gayo Píriz. *Director de estrategia. Acerinox.*

1. Introducción

En los últimos años, los países de occidente han visto cómo la industria tradicional iba incorporando a un ritmo acelerado nuevos competidores que transformarían el paradigma de la industria tal y como la conocíamos y forzarían en cierta manera su manera de trabajar.

Preguntas como ¿de qué manera puede una empresa tradicional europea competir en este entorno?, ¿cuáles son nuestros retos?, ¿cómo puede la industria 4.0 ser una palanca aceleradora para cambiar este paradigma?, ¿cuál es nuestra responsabilidad social y medioambiental? Y, en definitiva, ¿hacia dónde y cómo evolucionar para no sucumbir a políticas que cambien nuestro modelo de negocio y los valores? Estas son preguntas que han estado y están encima de la mesa de muchos comités de dirección de empresas que hasta ahora eran líderes en su sector.

Pero nuestras empresas industriales no solo deberían preguntarse sobre cómo competir globalmente, sino que es necesario volver al origen y repensar qué estamos haciendo a nivel nacional y a nivel europeo. Y también qué estamos modificando o adaptando internamente y cómo podemos darle un empujón para ser realmente la industria del futuro.

La Industria en España representó en 2019 un 15,76%[1] del PIB. Cifra que ha ido descendiendo paulatinamente desde 1970. Con la crisis del COVID hemos visto cómo las cadenas de suministro sufrían desa-

[1] Guía de Negocios en España 2020. "España: Un país atractivo para la inversión". Junio, 2020

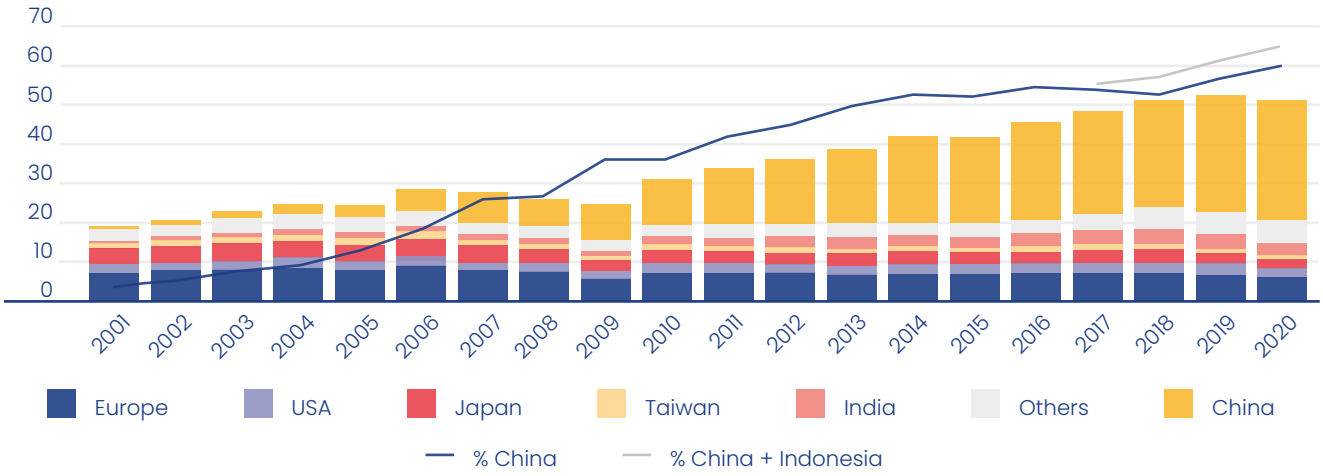
bastecimiento y una de las razones fundamentales de esto ha sido precisamente esa globalización en la que queremos competir. Apostar por la Industria es apostar por innovación, por retener y captar talento joven, por promover empleo y salario de calidad. Y ahora más que nunca deberíamos fijarnos no solo en lo que ocurre fuera de nuestro país sino en lo que ocurre en nuestro país y en nuestra empresa. Adaptarse rápido y tener la capacidad de transmitir la visión se han vuelto claves en este entorno ágil y dinámico en el que nos encontramos.

La reflexión que me gustaría compartir bajo estas líneas está basada en la experiencia que adquirí como responsable de Transformación Digital y, posteriormente, como director de Estrategia del Grupo Acerinox, empresa líder del sector del acero inoxidable a nivel mundial.

2. Contexto del sector

En los últimos veinte años, el sector de acero inoxidable se ha visto envuelto en una vorágine de nuevos actores que han venido revolucionando el mercado y cambiando las reglas de juego. Este "tsunami chino" arroja datos tan espeluznantes como un aumento de la producción mundial de un 4% en 2001 a un 60% en 2020.

Gráfico 1. Producción mundial de acero inoxidable 2011-2020



Fuente: ISSF

Este desplazamiento de flujos comerciales a Asia ha provocado un reajuste en los productores europeos que se han tenido que adaptar a un mercado mucho más competitivo donde el precio de los productos con menor valor añadido o más "commodity" ha jugado un papel fundamental.

Prueba de ello son las medidas arancelarias que han proliferado en los últimos años cuyo único objetivo ha sido contrarrestar este efecto y, en consecuencia, desglobalizar, en cierta medida, de nuevo el mercado.

Con independencia de esto, el acero inoxidable no deja de ser un producto directamente relacionado con el desarrollo económico de un país (PIB). Esto hace que siga siendo un producto estratégico cuya tasa de crecimiento anual se mantiene en un 6% desde los años 50.

La otra cara de la moneda puede ser que este crecimiento "mantenido" haya provocado que la estrategia de empresas siderúrgicas se haya focalizado mucho en el producto y, quizás, hayan dejado de explorar otras vías que puedas dar más valor a esos productos añadiendo servicios adicionales.

Servicios adicionales como plazos de entrega reducidos para una gestión óptima del stock, asistencia técnica personalizada, innovación conjunta de productos que conllevarán inversión en relaciones a largo plazo y, en definitiva, una mayor "servitización" asociada al producto. Para ello, evolucionar de una industria más tradicional a una industria 4.0 brinda a las empresas la oportunidad de hacer propuestas de valor a los clientes que antes parecían solamente alcanzables para empresas de servicios.

3. Palancas de competividad

En un entorno tan volátil, las empresas industriales se han visto abocadas a competir buscando la excelencia en las operaciones sin perder de vista la necesidad de ofrecer un valor diferencial a los clientes. Es por ello que me gustaría hablar de eficiencia, flexibilidad y, en última instancia, diferenciación y una propuesta de valor que genere esa palanca de competitividad que las empresas necesitan.

3.1 EFICIENCIA

En la Industria del acero inoxidable, cuando hablamos de eficiencia nos referimos a utilizar los mínimos recursos necesarios para fabricar una tonelada de acero. Y esta eficiencia debe estar presente en toda la cadena de valor, desde que se negocia un pedido, hasta su entrega. Algunos ejemplos de esta eficiencia pueden ser:

- Mejoras en rendimientos metálicos.
- Valorización y reutilización de residuos del proceso.
- Incremento de la productividad de las líneas de proceso.
- Optimización de los consumos energéticos.
- Trazabilidad completa a lo largo de toda la cadena de suministro.
- Producto de alta calidad evitando reprocesos.
- Planificación integrada de la cadena de valor.

3.2 FLEXIBILIDAD

Hoy en día, las empresas se tienen que enfrentar a entornos muy cambiantes y complejos. Todos los equipos que las integran deben hacer frente a una gran entrada de información diaria de la cual se sirven para tomar decisiones. La volatilidad del mercado global en los últimos años no ha hecho más que ejercer una mayor presión en las organizaciones para desarrollar la casi imposible tarea de previsión y planificación en entornos turbulentos.

El nuevo escenario de las organizaciones exige reaccionar de forma rápida y adecuada a condiciones en constante cambio. Pero ¿qué es exactamente la flexibilidad organizativa y por qué es tan importante para las empresas?

La flexibilidad organizativa requiere de un estado de alerta constante que identifica los cambios internos y del entorno, oportunidades y desafíos, convirtiéndose, así, en la capacidad para usar los recursos disponibles de la empresa de manera oportuna, flexible, asequible y relevante con el objetivo de responder a dichos cambios de manera efectiva.

Las empresas industriales son buques donde todas las piezas encajan a la perfección, pero realizar grandes transformaciones requiere del alineamiento de cinco dimensiones[2]:

- **Liderazgo:** Es el estilo de liderazgo y su adaptación a la estrategia, el que genera la fuerza y la rapidez en la toma de decisiones, la claridad de la comunicación y el grado de confianza que se genera dentro de la organización.
- **Innovación:** El grado de implantación de un enfoque sistemático que permita compartir las tendencias del mercado y continuamente generar nuevas ideas, así como el uso de sus redes internas y externas para compartir experiencias y conocimientos, aumentará la capacidad de la organización para adaptarse a las necesidades cambiantes de los clientes.
- **Estrategia:** Una estrategia flexible combinará una aportación racional e intuitiva a la vez que fomentará el diálogo interno. La claridad con la que se comuniquen las intenciones estratégicas y el grado de exigencia que se imponga, contribuirá a generar un ambiente flexible y preparado para adaptarse al entorno y a las decisiones cambiantes que este requiera.
- **Cultura:** La forma en la que los empleados manifiesten sus valores y opiniones a través del comportamiento tendrá un impacto en la flexibilidad de su organización. La cultura de la organización se puede ver influenciada por políticas tales como la transparencia de la información o reconocimiento y recompensa a los equipos que respondan con éxito a los cambios del mercado.
- **Aprendizaje:** Una formación constante provocará una mayor capacitación y seguridad en los equipos que, inconscientemente, irán adoptando una cultura de mejora continua y empoderamiento

[2] Organizaciones flexibles, la clave para tener éxito. Improven

para tomar decisiones. Esto llevará a los equipos a adoptar y acoger los cambios de una forma positiva y a un mayor alineamiento con la visión que se quiere transmitir.

3.3 DIFERENCIACIÓN Y PROPUESTA DE VALOR

La diferenciación en la industria ha venido siempre relacionada con ofrecer productos y soluciones únicas. Pero en un mercado donde un porcentaje elevado de los productos son commodity es necesario invertir en innovación y desarrollar productos nicho que permitan incrementar la competitividad de la empresa.

Pero más allá de la diferenciación en producto, existen otras propuestas de valor que se deben estudiar. Una de ellas, que ya mencioné en la introducción es la co-creación de valor junto con el cliente. Esta nueva manera de relacionarse supone un salto cualitativo en nuestra aproximación al cliente en entornos B2B. Existen cuatro principios fundamentales:

1. Focalizarse en el fin en detrimento de los medios.
2. Convertir al cliente en partícipe activo de la solución.
3. Desarrollar propuestas de valor basadas en las capacidades y oportunidades organizativas de las que ambas empresas disponen.
4. Conseguir "aprender haciendo" (el famoso learn by doing) a través de las relaciones y los diálogos con el cliente y los equipos.

Dos ideas[3] de co-creación de valor en entornos industriales son:

- **Innovación abierta:** Este nuevo enfoque de la innovación radica en desarrollar un trabajo de cooperación con organizaciones y/o profesionales externos. Esto significa combinar el conocimiento de los equipos internos con las aportaciones y expertise externo para sacar adelante los proyectos estratégicos y de I+D. En este contexto, universidades y centros de investigación cobran especial relevancia dentro del ecosistema de agentes con los que la organización se relaciona. La innovación abierta promueve la inteligencia colectiva y será una herramienta clave para para lograr desarrollar con éxito aquellos proyectos financiados por los Fondos de Recuperación Europeos (NextGenerationEU).
- **Vender productos como servicios (Product as a service):** Como venía comentando, esta mayor "servitización" del producto puede reducir la brecha entre una industria centrada en la fabricación o distribución de productos y la evolución de las necesidades de sus clientes. Este modelo basado en la prestación de servicios asociados al producto puede nacer de la innovación intrínseca de la empresa o ser co-creada a raíz de las necesidades compartidas por el cliente.

3.4 APROXIMACIÓN ESTRATÉGICA DUAL

Decidir cuál es el enfoque estratégico y la propuesta de valor que la empresa adoptará es, sin duda, la decisión que marcará el rumbo a seguir. A lo largo de mi carrera profesional, me he encontrado en varias ocasiones reflexionando sobre la misma disyuntiva: ¿Centramos la propuesta de valor en la eficiencia y flexibilidad o en la diferenciación del producto?

Desde mi punto de vista, para mantener o alcanzar el liderazgo en los negocios B2B es de vital importancia incluir dentro de la reflexión estratégica enfoques que respondan a cómo desarrollar dos líneas estratégicas que, a priori, pueden parecer opuestas.

Esta ilustración trata de explicar las diferencias entre dos maneras de enfocar entornos que son volátiles, inciertos, complejos y ambiguos (VUCA). El enfoque paradójico (Paradoxical Approach) es una nueva forma de repensar ideas que parecen oponerse entre sí, pero que están interrelacionadas y conectadas por una serie de vínculos implícitos. Al hacer explícitos estos enlaces, las empresas puede llegar a comprender que incluso las diferencias aparentemente grandes son oportunidades y ventajas.

4. Transformación digital como aceleradora del cambio

La digitalización es el mayor acelerador que tiene la industria para abordar los grandes retos que tiene por delante: Aumentar la productividad, generar nuevos empleos, aumentar el valor de los productos creando servicios asociados, hacer que los negocios

[3] MARCOS, JAVIER. "New Commercial Approaches in B2B Environments". Madrid. Junio. 2021

Gráfico 2. Maneras de enfocar la propuesta de valor de una compañía

Enfoque Tradicional	Enfoque Paradójico (Paradoxical Approach)
Pregunta: ¿Elijo A o B?	Pregunta: ¿Cómo puedo hacer A y B?
Identifico alternativas (A o B)	Conecto las opciones. Defino un propósito más ambicioso
• Pondero las opciones • Analizo ventajas y desventajas • Busco una única respuesta correcta • Exploro el contexto: ¿En qué condiciones?	• Indago sobre las diferentes piezas que conforman el puzle • Estoy abierto a diferentes contextos • Acepto la inconsistencia
Tomo una decisión	Desarrollo una solución viable que integra de una forma creativa las diferentes opciones

Fuente: Smith 2016

industriales sean cada vez más sostenibles tanto medioambiental como socialmente...

De la reflexión que se hacía en el capítulo anterior acerca de las palancas de competitividad podríamos deducir que la tecnología es un gran habilitador para transformar los negocios, hacerlos más competitivos y ofrecer propuestas de valor diferenciales. Esta transformación digital ha de ir siempre alineada con el plan estratégico de la compañía. No es una mera implantación de APP´s o manejo de dispositivos, sino que supone un cambio tan profundo que necesariamente deberá aparecer en el centro de la estrategia de la compañía para ser abordada con éxito.

Uno de esos cambios que supone esta transformación digital es el de impulsar o promover la toma de decisiones basada en datos. Y para que los datos tengan el poder y la capacidad de transformar deben ser críticos para el negocio. La información debe ser fácilmente accesible, interpretable y procesable, y a esto solo llegaremos cuando la tecnología lo permita y la cultura corporativa sea capaz de absorberlo con facilidad.

4.1 HABILITADORES CLAVE DEL PLAN DE TRANSFORMACION DIGITAL

En mi experiencia, para elaborar un Plan de Transformación Digital con éxito, es indispensable sentar cinco pilares:

1. **Poner en valor:** Consiste en alinear la visión estratégica de la compañía y poner en valor el impacto que tendrá este plan en el negocio (P&L, cultura organizativa, procesos internos). Una forma práctica de abordar las áreas potencialmente con más valor es mediante la selección de casos de uso concretos.
2. **Equipo y Capacidades:** Transformar digitalmente una empresa implica trabajar de una manera más ágil. Para ello es necesario desarrollar nuevas capacidades dentro de la empresa. Los principales roles asociados para poner en marcha estos casos de uso concretos que trabajarán de forma conjunta con el resto de la organización son:
   a. 4.0 Manager: Lidera los casos de uso y evalúa las nuevas oportunidades.
   b. Traductor: Tiene un sólido conocimiento de estadística y analítica de datos que potencia las decisiones de negocio.
   c. Científico de Datos (Data Scientist): Asegura que los algoritmos y modelos matemáticos apoyan al negocio.
   d. Ingeniero de datos (Data Engineer): Identifica las fuentes de datos; guarda, procesa y organiza los datos; garantiza calidad y consistencia del flujo de datos.
3. **Plataforma de gestión de datos:** La transformación requerirá de un sistema centralizado para recopilar y analizar grandes conjuntos de datos provenientes de fuentes dispares.
4. **Estructura organizativa:** La organización deberá

contar con una estructura adecuada para habilitar la transformación a lo largo de la organización incorporando nuevas formas de trabajar.

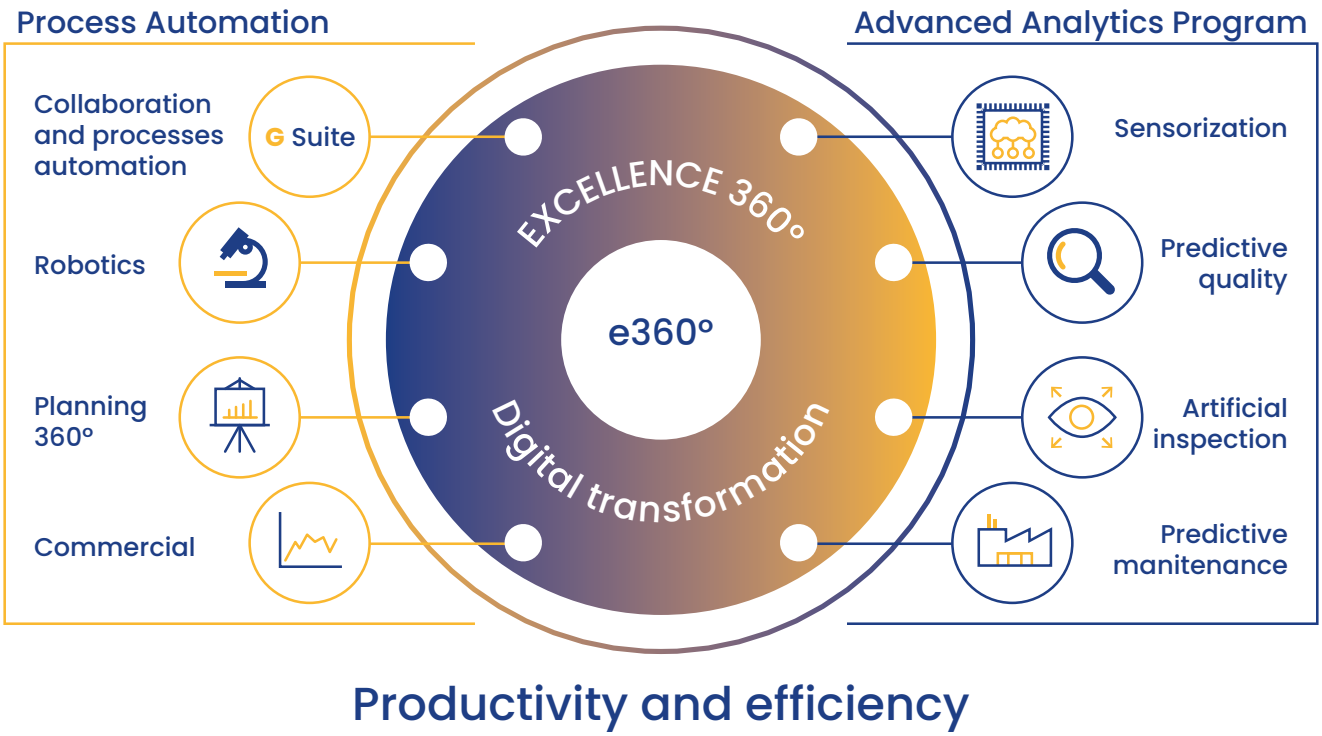
5. **Sostenibilidad en el tiempo:** Con el fin de alcanzar una ejecución sostenible, se deberán poner en funcionamiento algunos facilitadores prácticos como pueden ser una oficina de proyectos (PMO), un gobierno de datos (Data Gobernance) y gestión del cambio.

4.2 LA ESTRATEGIA DIGITAL EN ACERINOX

La estrategia digital de Acerinox está enmarcada dentro de un plan llamado "Excellence 360º". El objetivo principal de este plan es dar valor a los datos para incrementar la excelencia operativa y el servicio al cliente transformando la manera de hacer las cosas. Dar valor a los datos pasa por digitalizar el know-how desarrollado internamente por la empresa a lo largo de los años.

Excellence 360º tiene como objetivo principal optimizar toda la cadena de valor, desde que se recibe un pedido hasta que se entrega al cliente. De este plan, se estiman retornos en EBITDA de 125 millones de euros anualmente a partir de 2023, con un aumento en la fiabilidad en el proceso y la productividad, una optimización del stock y del proceso de entregas, una mejora en los márgenes venta y una optimización del mix de materias primas durante su compra.

Gráfico 3. . Proyectos que conforman la Estrategia Digital de Acerinox (Excellence 360º).



Fuente: Acerinox

Excellence 360 se divide en tres grandes proyectos:

1. **Planificación 360º:** Integrar y digitalizar la planificación de la cadena de suministro para ofrecer un mayor servicio al cliente.
2. **Proyecto de Analítica Avanzada (Advanced Analytics Program):** Este programa da respuesta a la orientación estratégica de la toma de decisiones basada en datos. La metodología del programa consiste en formar equipos en análisis de datos mediante casos de uso reales que impactan directamente en la Excelencia operativa. Ejemplos de casos de uso:

   a. Modelo predictivo para optimizar el proceso de fusión del acero inoxidable, con impacto directo en la sostenibilidad ambiental por la reducción del consumo eléctrico.

   b. Modelos predictivos para reducción de defectos de calidad en el Tren de Laminación en caliente.

Como consecuencia de la puesta en marcha de este programa, se siguen identificando e implantando nuevos sensores para la captura datos que mejoren los modelos predictivos.

3. **Automatización de procesos:** Esta automatización tendrá un efecto tanto en el área productiva como en la parte administrativa. Un ejemplo de este proyecto es el AGV (vehículo de guiado automático) en nuestra fábrica del Campo de Gibraltar. Estos vehículos son capaces de transportar diariamente 90 bobinas, recorriendo 108 kilómetros de forma permanente en exteriores. Una actividad constante facilitada por su cambio autónomo de baterías, permite incrementar la flexibilidad; la automatización de procesos; la eliminación de gestiones administrativas y tareas sin valor añadido, además de la actualización de stocks en tiempo real.

5. Reflexión final

La industria está experimentando un nuevo cambio tecnológico que ha venido para quedarse. Como se puede deducir de lo expresado sobre estas líneas, soy un completo convencido de que la Industria 4.0 es la principal herramienta que tenemos las empresas Industriales para abordar los grandes retos que tenemos por delante. He de decir que esta convicción la he ido construyendo poco a poco a lo largo del tiempo. Ha sido las muchas charlas con compañeros de profesión, la asistencia a foros relacionados, la participación en la Cátedra de Industria Conectada y, sobre todo, el asumir la responsabilidad de impulsarla dentro de mi empresa lo que me ha llevado a entender la esencia de lo que hay detrás de este camino.

Es cierto que son muchos los nombres de nuevas tecnologías que se escuchan en el entorno industrial (Big Data, Data Analytics, Gemelo Digital, Internet de las cosas…) y esto puede provocar cierto desconcierto. En mi caso, cada día aprendo cosas nuevas sobre cómo dirigir Acerinox hacia la Industria 4.0. Es por ello que me gustaría proponer algunas conclusiones sobre aquello que he ido experimentado al poner en marcha la Estrategia Digital:

1. **Alinear el plan de Transformación Digital con la estrategia de la compañía:** Tener una visión y un plan a largo plazo es clave para identificar (i) cómo puede cada tecnología ayudar a resolver los problemas ingenieriles que surgen en las operaciones, (ii) cómo ofrecer propuestas de valor diferentes a los clientes, (iii) cómo ir capacitando a toda la organización para que la implantación de estas sea efectiva.
2. **Personas:** Transformar digitalmente una empresa pasa, en primer lugar, por capacitar a toda la organización para que la implantación de las soluciones sea sostenible en el tiempo. El nivel de capacitación es lo que marcará el ritmo de implantación del plan digital.
3. **Casos de uso:** Aunque es necesario pensar en grande, la experiencia me ha demostrado que es necesario empezar por casos pequeños en áreas concretas, valorando el retorno de la inversión y compartiendo recursos en la organización.
4. **No dejarse llevar por modas y eslóganes:** Cada vez hay más empresas que ofrecen los mismos servicios y es difícil identificar, en algo que para muchos es desconocido, dónde está el valor real aportado. Cada empresa, incluso cada una de nuestras plantas, son distintas. Diferente maquinaria y equipos, distinta antigüedad, ligeros cambios en procesos y distintas cabezas al frente. El hecho de que una solución haya servido para otra planta dentro de tu misma empresa, o para un competidor, no es garantía de éxito.
5. **Mantener el control del Plan Digital, pero con ayudas:** Cada empresa ha de tener el control de su propio plan. Sería un error pensar que una empresa externa puede digitalizar tu compañía (así como sí tendría sentido pensar que puede implantar un ERP). Pero, paradójicamente, tampoco se puede pretender hacer todo in-house. Es importante potenciar la innovación abierta, tanto dentro de la organización como con profesionales externos, pero siempre liderando y controlando el proceso de transformación.
6. **Dar valor a los datos:** Algunos dicen que los datos son el petróleo del Siglo XXI. Es cierto que a medida que el volumen de datos se incrementa, más se incrementan las posibilidades de sacar valor, pero no siempre dispondremos del dato óptimo para identificar la raíz del problema. Es más importante interpretar los datos disponibles que almacenar ingentes cantidades de estos. Para que los algoritmos den soluciones útiles de negocio, es clave sa-

ber procesar los datos y, sobre todo, saber cuáles son preguntas correctas que haremos a los sistemas.

7. **Ciberseguridad:** Pasar a un modelo en el que todos los sistemas están interconectados y hablan entre sí, es el futuro. Pero las empresas debemos implantar estrategias de ciberseguridad para proteger el total de la información y el know-how que se genera y procesa a través de ordenadores, servidores, dispositivos móviles, redes y sistemas electrónicos.

Después de esta reflexión, me gustaría finalizar con una arenga dirigida al conjunto de los ingenieros: "Tenemos la responsabilidad de liderar una evolución y transformación hacia una industria 4.0 que sentará las bases de la industria de los próximos cincuenta años"

Antonio Gayo Piriz es ingeniero industrial del ICAI y obtuvo un MBA de IE Business School para poder enfocar su carrera en Estrategia Corporativa, contando con una experiencia de más de 9 años en este campo.

Antonio Gayo trabaja en la Industria del Acero Inoxidable en Acerinox desde hace casi 12 años. En 2017 fue nombrado responsable de Transformación Digital y ha estado desarrollando la estrategia e implementando nuevos proyectos digitales con el fin de mejorar la eficiencia operativa de Acerinox.

Actualmente es director de Estrategia del Grupo. Dentro de la Cátedra Industria Conectada, colabora con la Universidad y otras importantes empresas, buscando nuevas tecnologías para ser aplicadas en el sector industrial y crear conciencia sobre el impacto de la digitalización en los negocios.

Bibliografía

LIBROS Y DOCUMENTOS:

- MARCOS, JAVIER. "New Commercial Approaches in B2B Environments". Madrid. Junio. 2021
- Guía de Negocios en España 2020. "España: Un país atractivo para la inversión". Junio, 2020

ARTÍCULOS PUBLICADOS EN REVISTAS O PERIÓDICOS:

- BRITTAIN LESLIE, JEAN., PING LI, PETER. Y ZHAO, SOPHIA. "Managing Paradox". Center for Creative Leadership. Noviembre, 2015
- GARCÍA OLAVERRI, CARMEN., HUERTA, EMILIO., LARRAZA-QUINTANA, MARTIN. Y URTASUN, AINHOA. "Dimensiones de la flexibilidad empresarial: un estudio empírico". Cuadernos Económicos de ICE. Enero, 2007

Mesa 2 / Ponencia 5

INDUSTRIA 4.0. LA CARRERA INTELIGENTE

Maria Leticia Costas Juliani. *Project Manager de IoT. Aqualia.*

1. Introducción A LA INDUSTRIA 4.0

No es noticia que el mundo está inmerso en una revolución tecnológica y que esta revolución tiene un impacto difícil de medir en nuestra vida cotidiana, en el mundo laboral e, incluso, en la manera en la que nos relacionamos. La escala, alcance y complejidad de esta transformación es tal que tendrá una huella en la historia de la humanidad como nada experimentado hasta el momento. Aún no está claro cómo se va a desarrollar o qué implicaciones tendrá en el mundo actual, pero hay factores que están claros: la respuesta debe gestionarse de forma integrada y global, asegurando la participación de todas las partes implicadas, desde los sectores públicos y privados, hasta la sociedad civil, sin olvidar el mundo académico, que debe consolidar los avances en las futuras generaciones.

En la historia de la humanidad, las revoluciones industriales marcaron cambios de era y tuvieron un gran impacto en todos los ámbitos de la sociedad. La primera revolución industrial hizo posible la mecanización de la producción, mientras que la segunda se valió de la energía eléctrica para conseguir la producción en masa. La tercera revolución industrial consiguió automatizar esta producción gracias a la electrónica y a la tecnología de la información. Ahora, nos encontramos inmersos en una cuarta revolución industrial, caracterizada por la fusión de unas nuevas tecnologías que han difuminado los límites entre las esferas físicas, digital e, incluso, biológica.

La cuarta revolución industrial, también conocida como industria 4.0, ha convocado a las mayores potencias mundiales a una carrera por descifrar y definir las oportunidades que plantean estas nuevas tecnologías. La digitalización masiva y las inteligencias artificiales, entre muchas otras nuevas tecnologías, establecen nuevos paradigmas que deben ser

definidos de manera responsable. Deben tener en cuenta a todas las partes involucradas en el cambio, dado que estas herramientas tienen el potencial de cambiar el mundo como lo conocemos – y así está siendo.

De la mano de estos cambios drásticos, producidos a una velocidad sin precedentes, nace una conciencia tecnológica que pretende poner sobre la mesa cuestiones y límites éticos. Estas nuevas tecnologías precisan definirse tanto por la permeabilidad que la sociedad ha mostrado para su implantación, como por la relevancia que tienen para perfilar nuestro futuro.

1.1 IMPLICACIONES SOCIALES Y MEDIOAMBIENTALES

Nuestra sociedad se encuentra completamente sumergida en la digitalización; el grado de aceptación que está teniendo este consumo digital provoca mayores inversiones en nuevos desarrollos tecnológicos, al tiempo que permite mejorar el conocimiento que se adquiere gracias a la extracción de la información generada por cada individuo. Esta hiperconectividad plantea nuevos y muy relevantes retos: ¿hasta dónde llegarán las nuevas inteligencias artificiales?, o, mejor dicho, ¿hasta dónde queremos que lleguen? Porque la ética y la ciencia no siempre han ido de la mano en la tarea de perfilar los límites considerados como correctos.

> *¿hasta dónde llegarán las nuevas inteligencias artificiales?, o, mejor dicho, ¿hasta dónde queremos que lleguen?*

Otro aspecto destacable son los cambios que conlleva la cada vez mayor concienciación medioambiental de la ciudadanía y que, inevitablemente, afectará a la industria. Es por esto por lo que la empresa debe asegurar un equilibrio medioambiental y energético, orientación que está siendo apoyada por distintas iniciativas europeas. La tecnología ha cobrado un papel especialmente importante en el cuidado del medio ambiente, abriendo nuevas puertas para una utilización más eficiente de los recursos y proponiendo nuevas sinergias entre industrias para la optimización de procesos. La circularidad de la industria es un tema cada vez más presente, en el que el valor de los productos y los materiales toma un nuevo rumbo gracias a tecnologías propias de esta cuarta revolución industrial.

La sostenibilidad, entendida como el equilibrio entre los aspectos económicos, ambientales y sociales, impulsa a la innovación y ésta se apoya en la industria 4.0. Sostenibilidad e industria 4.0 se refuerzan mutuamente: la industria 4.0 aporta la tecnología que permite activar las estrategias de economía circular y ésta, a su vez, dota de un propósito a la Industria 4.0. El Pacto Verde Europeo (EC, 2019) señala que la economía circular es un requisito indispensable para que Europa sea el primer continente neutro en emisiones en 2050.

En definitiva, las tecnologías 4.0 tienen la capacidad de impactar positivamente en todas las sociedades, tanto las consideradas avanzadas como las que lo están en menor grado, pero, muy especialmente, aquellas que se encuentran en un desarrollo acelerado; por este motivo y porque el futuro nos afecta a todos, esta facultad (o poder tecnológico) debe tratar con especial atención este equilibrio.

2. Retos para impulsar LA INDUSTRIA 4.0

2.1 EL RETO INTRÍNSECO DE CADA ACTIVIDAD INDUSTRIAL

La digitalización supone un reto diferenciado para cada sector industrial. Así, aquellos sectores que por su naturaleza son dinámicos y están inmersos en las innovaciones, son pioneros en la puesta en marcha de nuevas tecnologías. Sin embargo, sectores más tradicionales, como los que comprenden las producciones primarias, pueden marcar la diferencia integrando las nuevas tecnologías en sus empresas.

Destacan los sectores de vanguardia que, al integrar tecnología punta en sus procesos, han aportado descubrimientos de nuevos materiales, sistemas

y medios que mejoran la producción industrial. El continuo desarrollo tecnológico resulta muy interesante por su capacidad de absorción de empleo de cada actividad industrial, haciendo necesaria la formación continua de los empleados en las nuevas tecnologías.

Es decir, mediante la digitalización y la integración de nuevas tecnologías, la Industria 4.0 abarca todos los sectores industriales, pudiendo aportar mayor valor a cada negocio. Todos los sectores en su medida particular, con las nuevas tecnologías pueden aprovechar los recursos disponibles para impulsar nuevos modelos de negocio, desarrollar productos o mejorar procesos de manera que sean más eficientes y convenientes desde los puntos de vista ambiental y competitivo.

> *...mediante la digitalización y la integración de nuevas tecnologías, la Industria 4.0 abarca todos los sectores industriales...*

2.2 EL DATO Y LA MADUREZ DIGITAL

El dato es la nueva moneda de cambio derivado de la revolución tecnológica, tanto dentro como fuera de la industria. El valor de la información ha llevado a un impulso tecnológico basado en su obtención, tratamiento y explotación. Muchas de las nuevas tecnologías de la industria 4.0 se fundamentan en encontrar y analizar de información relevante que pueda aportar valor al negocio. Cada industria debe tener en cuenta el potencial de generación de datos y labrar el camino para mantenerse al frente de la revolución, pero, para ello, es imprescindible que entienda qué datos aportan valor para poder optimizar cada proceso.

La madurez digital, entendida como el despliegue tecnológico basado en herramientas 4.0, es diferente en cada industria y, a su vez, en cada empresa. La clave de inicio en este despliegue se encuentra en la obtención del dato; es decir, la sensorización de procesos que facilite la toma de decisiones a partir de la información recogida. La inversión en esta primera fase es más necesaria en procesos industriales, sean de fabricación o de gestión de productos, cuando existe algún grado de automatización. Hay empresas que actualmente se encuentran en este primer punto, focalizando sus esfuerzos en la integración de equipos con tecnología IoT (Internet de las Cosas, del inglés Internet of Things). Esta tecnología sirve para la conexión entre los mundos operativos (OT) y de la información (IT), y propone las bases para desarrollos futuros apoyados en tecnologías como Big Data, Machine Learning o Inteligencia Artificial (AI), tecnologías que se describirán más adelante.

Una vez obtenido el dato, el siguiente aspecto fundamental para las empresas que apuesten por la digitalización es disponer de una infraestructura adecuada para el almacenamiento y tratamiento de los datos generados en cada parte de la organización. Estos datos son información sensible y valiosa para la empresa, y se deben tratar como tal. Esta gestión será diferente en función de la criticidad de los datos y los requerimientos del negocio, pudiéndose optar por soluciones locales o por el uso de la nube.

Para poder aprender de los datos obtenidos y generar conclusiones, es necesario contar con cierta magnitud de datos históricos. Sólo así se podrán analizar y aplicar capas de inteligencia para poder extraer conclusiones. La cantidad de datos históricos necesaria para poder aplicar algoritmos inteligentes depende directamente del proceso industrial que representa. Hay empresas que para simular un proceso no necesitan un histórico muy grande; sin embargo, otras, para poder entender el comportamiento del sistema, necesitan alimentar datos durante meses.

Aquellas empresas que han tenido la capacidad de recopilación y almacenamiento de información sobre sus procesos ya sean datos de fabricación o información sobre el comportamiento de sus clientes, por citar algunos, se encuentran en perfectas condiciones para aplicar tecnologías de aprendizaje en sus modelos. El objetivo es aprender del proceso, poder optimizar el servicio y los recursos empleados, minimizar fallos, incrementar la seguridad o, simple-

mente, hacer más fácil la personalización del producto. El reto principal es descubrir qué datos del proceso aportan el verdadero valor diferencial para el negocio.

El número de aplicaciones que permite la integración de las nuevas tecnologías es casi infinito. Un ejemplo es la optimización de la trazabilidad de cualquier elemento en una planta. Esto se puede conseguir gracias a la información en tiempo real obtenida del proceso, a tecnologías como la robotización, los vehículos de guiado automático (AGVs, del inglés, Automatic Guided Vehicles) o los sistemas de localización. De esta forma todo recurso es perfectamente trazable y localizable en la planta, pudiendo contar con un control exhaustivo del stock. Esta trazabilidad se traduce en una mejora continua del proceso, una adaptación más rápida a la demanda del mercado e incluso proporcionar mejores experiencias al consumidor.

2.3 INVERSIONES INTELIGENTES

Uno de los principales retos de la industria 4.0 es la comprensión en cada sector, y para cada empresa, de qué tecnologías pueden potenciar su negocio. Es necesario que la industria invierta en su digitalización, pero a su vez, es importante que esta apuesta sea en aquellas tecnologías que aportan valor y cuyo retorno sea real. La inversión en tecnologías simplemente por estar de moda y dar cierta imagen a la empresa, y no por tener una utilidad diferencial y concurrir en beneficios, es un punto que puede desincentivar a las compañías a seguir invirtiendo en el futuro.

La industria debe conocer las nuevas tendencias tecnológicas y aprender a valorar cuál es el mejor momento para cambiar su rumbo. El futuro plantea un escenario hiperconectado y no parece que haya alternativa al esfuerzo en la digitalización de las compañías. No obstante, cada sector debe contemplar las herramientas que, en su caso, marcarán la diferencia, así como aquellas que establecerán las bases para hacer del entorno conectado un entorno seguro.

Por todo ello, el conocimiento del negocio, del cliente y de las posibilidades que brindan las nuevas tecnologías son la clave en el desarrollo industrial hoy día. La explotación de los recursos correctos para encontrar el valor añadido es un verdadero reto en un panorama que reclama estar conectados con las últimas tendencias digitales.

2.4 LA IMPORTANCIA DE LA INDUSTRIA EN EL MEDIO AMBIENTE

La transformación industrial es un factor clave en el objetivo de cero emisiones de un futuro quizás no tan lejano. La digitalización y la automatización tienen un papel importante en los sectores de la energía y el transporte, y pueden llegar a marcar la diferencia en sectores tan importantes como la industria de la gestión de residuos o de la gestión del agua. Automatizando procesos en plantas energéticas y analizando los datos obtenidos de los sensores instalados se puede conseguir una optimización en los recursos empleados. Pero los motores de esta industria no serán sólo la digitalización y automatización; para alcanzar la excelencia en los procesos industriales será preciso aplicar de forma equilibrada las nuevas tecnologías.

> *La transformación industrial es un factor clave en el objetivo de cero emisiones...*

Respecto al otro reto de contribuir a alcanzar el objetivo medioambiental fijado internacionalmente, la industria podrá hacer su aportación al cambio creando nuevos modelos de negocio más circulares, como el que propone la servitización, el control de la huella del producto, o la creación de sinergias entre industrias con vistas a la optimización de recursos. De la misma manera que la industria se beneficia de las innovaciones y desarrollos de la nueva revolución industrial, es preciso que también plantee soluciones basadas en la circularidad de los productos: para su reutilización, su reciclado o su eliminación controlada. Un ejemplo claro es el desarrollo de baterías, ya se destinen a coches eléctricos, a almacenar energía renovable o a equipar terminales remotas desplegadas por la geografía. El uso de las baterías se ha hecho imprescindible en la tecnología y es necesario encontrar maneras de su eliminación o reciclado de forma medioambientalmente segura.

3. Aplicaciones de las nuevas tecnologías y digitalización a los sectores industriales tradicionales

Como ya se ha indicado, la digitalización aporta un valor diferencial en cada una de las divisiones de la empresa, ya sea en su propia gestión interna, durante el proceso de fabricación, en la gestión del producto o servicio hasta la interacción con el cliente. Incluso, ese análisis individualizado que debe hacer cada empresa puede concluir en propuestas de nuevos negocios que, sin la digitalización, no eran fáciles de avistar.

3.1 EL PROCESO INDUSTRIAL

La transición a tecnologías 4.0 del proceso industrial es bastante intuitiva puesto que puede ver su aplicación directa en el proceso de fabricación o en la gestión de recursos. Tecnologías como la automatización del proceso o la fabricación aditiva pueden adaptarse a cada sector de la industria, permitiendo optimizar los recursos empleados, reducir residuos, mejorando la eficiencia energética y, finalmente, la productividad del negocio.

La obtención de información en tiempo real de una actividad industrial es posible mediante un despliegue de sensores de medición de las variables clave del proceso. Por ejemplo, conocer las emisiones durante un proceso de combustión confirma su eficiencia y, simultáneamente, permite regular la dosificación de los agentes adicionales que sean necesarios para mantener esa operación en óptimas condiciones. Otro ejemplo son las mediciones del estado de la maquinaria con el objetivo de predecir futuros problemas. Esto facilita el seguimiento de las horas de producción, el control de la vida útil de la máquina y, con ello, la gestión paralela de los servicios de mantenimiento preventivos y predictivos. Este despliegue de equipos, combinado con los sistemas de gestión de plantas MES (del inglés, Manufacturing Execution System), aporta datos de gran valor en la optimización de la producción. Medir la disponibilidad de los equipos, el rendimiento y la calidad del producto, aporta una información que se traduce en reducción de costes, mejora de la productividad y aumento de la trazabilidad y de la calidad del producto. Del mismo modo, también se pueden medir otros indicadores clave de rendimiento o KPIs (del inglés, Key Performance Indicators) relevantes, como la energía consumida durante un proceso.

Por otro lado, la obtención de datos en tiempo real sobre el proceso permite la integración de sistemas SCADA (del inglés, Supervisory, Control and Data Acquisition) para su monitorización, gestión e interacción segura con el proceso de forma remota. Esto, acompañado de la inteligencia artificial, permite nuevos frentes de control sobre el negocio. Por ejemplo, la detección de defectos en líneas de producción mediante un algoritmo inteligente que minimiza los costes que implican los productos defectuosos, pues permite detener la cadena a tiempo y estudiar el origen del problema.

Otro beneficio de la digitalización de procesos ya mencionado es la posibilidad de mejorar sinergias entre industrias de manera que se optimicen los recursos y su gestión. Es fácil pensar en la ventaja de planificación que supone para un proveedor disponer de lecturas a tiempo real de las necesidades de sus clientes.

La trazabilidad del producto mediante beacons (pequeños dispositivos que emiten una señal que identifica el dispositivo en el que está instalado) u otros sistemas de rastreo, permite tener un control exhaustivo del stock y conocer en todo momento su cantidad y ubicación. Tener controlado el almacenamiento permite la robotización de la cadena de suministro en la que nuevos elementos, como los AGVs automatizan el transporte interno de los productos y permiten optimizar trayectos cuando es necesario mover materiales en una misma instalación.

Una tecnología habilitada por la digitalización y el IoT, que se está haciendo tendencia en la industria, es conocida el Gemelo Digital o Digital Twin. Ésta se basa en la creación de un modelo virtual, una réplica del proceso, producto o servicio para la simulación de su comportamiento. Su implementación es clave para conocer la respuesta del sistema ante situaciones de estrés, con el fin de poder conocer los puntos débiles en un entorno virtual y controlado. Estos modelos conectan el mundo online y offline y, combinados con otras tecnologías 4.0 (como la realidad digital), permiten alcanzar un conocimiento exhaustivo del sistema y predecir escenarios y problemáticas futuros.

3.2 EL PRODUCTO FINAL

Tradicionalmente, el único punto de contacto con el cliente era la venta del producto o servicio final que se ofrecía. Sin embargo, ahora, la interacción con el cliente puede ser más personal, lo que permite obtener mucha información valiosa; para ello podemos servirnos de algoritmos inteligentes para la interacción web, encuestas de satisfacción o, simplemente, incentivando al cliente a tener otro tipo de relación con el producto. Tecnologías como el Internet de las Cosas (IoT) permiten la interacción con productos conectados a internet, aproximando el mundo físico al mundo digital y permitiendo aportar más valor día a día al cliente.

Otra utilidad de los productos con IoT para el fabricante, es la obtención de información durante la vida del producto. De esta manera, al conocer características como la temperatura o el estado del producto en general, se posibilita una interacción post venta con el cliente que le ofrece servicios de mantenimiento, mejoras o gestiones sobre el producto. Esta información sobre el uso del producto o del servicio, también puede aportar luz sobre nuevas oportunidades de negocio basadas en las necesidades del cliente - sea un producto para otro negocio (B2B, business-to-business) o un producto para cliente final (B2C, business-to-consumer) –, lo que permite adaptar la empresa a las nuevas tendencias.

3.3 LA EMPRESA

Este nuevo modelo industrial no sólo tiene aportaciones diferenciales en el proceso o en el producto, sino que permite enlazar todos los datos obtenidos con el sistema de gestión empresarial (ERP, del inglés, Enterprise Resource Planning). Los sistemas o software ERP gestionan la planificación integral de la empresa, la automatización y el control de los flujos de información que se generan en cada ámbito de la organización.

Complementariamente, la adopción de ciertas tecnologías de la industria 4.0 supone un gran cambio en la seguridad de los trabajadores; gracias a tecnologías como los beacons y campos RFID (del inglés, Radio Frequency Identification), se puede programar zonas de trabajo que alerten al trabajador de su entrada en una zona de riesgo; o bien, máquinas que, cerca de un humano, cambien su comportamiento para ralentizarse o, incluso, parar la producción. Además, robotizar procesos tediosos o peligrosos reduce los riesgos a los que está sometido el trabajador. En todo caso, utilizar robots que trabajan en simbiosis con operarios aporta agilidad al proceso, a la distribución y a la empresa.

Una vez que se dispone de la infraestructura necesaria, es el momento de las tecnologías basadas en el tratamiento y explotación del dato para obtener el máximo provecho de la información. En este ámbito, las tecnologías que hoy tienen especial relevancia son el Big Data (en español, grandes volúmenes de datos o macrodatos), Machine Learning (en español, aprendizaje automático) y la propia inteligencia artificial (IA). Estas permiten el procesado de gran cantidad de datos de forma organizada, el descubrimiento de patrones de comportamiento en un grupo de datos, el aprendizaje automático y la predicción de datos, y la integración de capas inteligentes que pueden actuar sobre esos datos, respectivamente. En otras palabras, estas tecnologías permiten encontrar puntos de optimización en procesos y generar algoritmos de reconocimiento de imagen específicos que aportan valor diferencial para el negocio.

Por otro lado, la digitalización integral de la empresa habilita nuevas propuestas de negocio; por ejemplo, la servitización, entendido como la transformación del producto directamente en servicio, o incluso el ofrecimiento de servicios postventa del producto con carácter permanente o semipermanente. En el primer escenario se ofrece el producto como servicio de manera que el fabricante mantiene el control y gestión de los componentes y los recursos, asumiendo el coste de mantenimiento y las reparaciones del producto, ciñéndose el cliente al pago por su utilización. El segundo propone una larga relación entre el cliente y el proveedor de manera que puedan interactuar para proporcionarle mejoras, soporte, o servicios de mantenimiento futuros. Ambos modelos permiten una relación más larga con el cliente, lo que mejora el modelo de relación e incrementa la tasa de fidelización.

Sin embargo, esta necesaria transformación digital de las industrias tradicionales y el incremento de la conectividad que conlleva incrementa su exposición a riesgos cibernéticos y, por ende, económicos. Por ello, ante la hiperconectividad de las empresas, es

necesario contar con inversiones en ciberseguridad o seguridad de la informática. Esta área será responsable de la protección de los datos de la empresa, manteniendo seguros sus entornos y haciéndolos inaccesibles al exterior, previniendo y reduciendo los riesgos de amenazas.

4. El cambio de paradigma

4.1 CAMBIOS ESTRUCTURALES DENTRO DE LAS EMPRESAS

Para que la industria 4.0 prospere y las empresas puedan seguir su ritmo de progresión, es necesario que se planteen cambios estructurales a nivel organizativo, con el fin de optimizar todos los niveles de la empresa para producir más, mejor y con menor coste.

> *...es necesario que se planteen cambios estructurales a nivel organizativo, con el fin de optimizar todos los niveles de la empresa...*

Estas nuevas tecnologías permiten un dinamismo en la interacción con el cliente de manera que se pueda proporcionar una personalización del producto de manera ágil. Esto debe tenerse en cuenta en el momento en el que se reestructura la empresa, tanto en los departamentos de venta y negocio, como en marketing, RRHH y otros departamentos internos. Sólo de esta forma se tendrá un producto más versátil y respaldado por la digitalización. Hoy se entiende que la tecnología es una oportunidad para mejorar el servicio y la coordinación con clientes y proveedores, pero, para mantenerse entre los líderes, las empresas necesitan invertir en nuevas tecnologías de manera continuada.

También el modelo de gestión de clientes se ha visto profundamente influido; y, como se ha mencionado anteriormente, también ha cambiado la percepción y exigencias de los propios clientes.

4.2 RESISTENCIA AL CAMBIO

Sin cambio no hay innovación, por lo que es imprescindible enfrentarse a la lógica resistencia de las organizaciones ante cualquier transformación. Para ello, es necesario plantear una estrategia que tenga en cuenta experiencias similares con éxito y planificar su puesta en marcha de forma coordinada con las mejoras que se desarrollen.

Es necesario involucrar a todos los miembros en la transformación. Tecnologías como la robótica no son una sustitución sino un apoyo a la profesión humana. Es por esto por lo que se debe formar a los trabajadores de manera que puedan avanzar con los cambios y empoderar el desarrollo laboral facilitando el intercambio de trabajadores entre distintos sectores industriales.

4.3 PERFILES PROFESIONALES

En ocasiones, en procesos de transformación, es difícil definir los perfiles profesionales que se necesitan y hacerlo de forma que se compagine formación puntera y experiencia. Del mismo modo, en un mundo tan tecnificado y especializado, es imprescindible contar con equipos transversales. La capacidad de coordinar objetivos y personas es un valor para tener en cuenta y que marca la diferencia en el buen desarrollo tecnológico de una empresa.

Para la gestión de la cuarta revolución industrial, son necesarios distintos perfiles laborales, desde técnicos expertos en tecnologías, programadores, a perfiles tecnológicos con capacidades para la gestión de proyectos. En todos ellos, es necesario contar con una fuerte capacidad de trabajo en equipo, dado que los proyectos 4.0 precisan de muchas habilidades y competencias simultáneamente.

Resulta imprescindible contar con la colaboración continua entre el mundo laboral y el mundo académico. La comunicación debe ser constante para poder asegurar que los estudiantes que se están desarrollando cuentan con las herramientas necesarias para liderar esta transformación. Los nuevos perfiles tecnológicos deben contar tanto con el conocimiento técnico de la materia de especialización, como con un conjunto de habilidades interpersonales basadas en el liderazgo, la gestión de personas, y el trabajo en equipo.

5. Conclusión

A pesar del ritmo en los avances que estamos experimentando, y no sólo tecnológicos, aún estamos lejos de que esta nueva revolución industrial esté asentada, al menos en nuestro entorno inmediato.

Dado el grado de internacionalización cada vez mayor de todos los mercados, la demora en la puesta en marcha de las soluciones 4.0 supone la potencial pérdida de competitividad en un entorno cada vez más rápido. Creo que España cuenta con las bases para poder liderar esta transformación desde el punto de vista tecnológico, pero es preciso que se prioricen las inversiones necesarias para mantenerse entre los países más industrializados del mundo.

Es preciso que cada sector, corporación o empresa reflexionen, prioricen y decidan cómo afrontar este nuevo reto, porque el futuro de nuestra sociedad está en juego. Esta adaptación a la industria 4.0 debe incluir las tecnologías sin perder de vista el verdadero motor que habilita esta transición: las personas. Contar con los perfiles laborales adecuados marcará la diferencia entre la mera aplicación tecnológica y el liderazgo en la gestión del cambio en la cuarta revolución industrial.

Comenzaba esta ponencia con la reflexión de la enorme huella que va a suponer en nuestras sociedades la transformación industrial 4.0. La responsabilidad ante la sociedad y el medio ambiente invita a los líderes del cambio a poner en común propuestas y llevar a cabo iniciativas en línea con los objetivos europeos.

En definitiva, la industria 4.0 dispone de tecnologías que están teniendo gran impacto en la sociedad, con cambios drásticos pero ineludibles. La urgencia de acelerar su implantación no sólo exige decisiones empresariales inteligentes sino, sobre todo, la adaptación permanente, pues ya está a la puerta la siguiente revolución industrial: la revolución cuántica.

Bibliografía

- European commission: Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs. https://ec.europa.eu/growth/industry/sustainability_en [Mayo 2021]
- Corponet: ¿Qué es la economía circular y que significa en la Industria 4.0? https://blog.corponet.com.mx/que-es-la-economia-circular-y-que-significa-en-la-industria-4-0
- TED: Industry 4.0 and Humanity 4.0 https://www.ted.com/talks/subra_suresh_industry_4_0_and_humanity_4_0 [Mayo 2021]
- COSTAS JULIANI, MARIA LETICIA. "Optimización durante el periodo de puesta a punto de una central de Transformación de Residuos en Energía (EfW)". Universidad Pontificia Comillas. Junio 2019
- Observatorio 4.0: REFLEXIONES – Sostenibilidad y Economía Circular (29 de marzo de 2021) https://observatorioindustria.org/wp-content/uploads/2021/03/Reflexiones-An%CC%83o-5-Numero-35.pdf [mayo 2021]
- DEKALABS: Evolución de la industria tradicional al modelo industria 4.0 https://dekalabs.com/evolucion-de-la-industria-tradicional-al-modelo-industria-4-0/ [junio 2021]
- CESCE: ¿Qué es la Servitización y por qué es útil para las empresas? https://www.cesce.es/es/-/asesores-de-pymes/que-es-la-servitizacion-util-las-empresas [Junio 2021]
- APD: ¿Cómo gestionar la resistencia al cambio organizacional? https://www.apd.es/resistencia-al-cambio-organizacional-como-gestionarla/ [Junio 2021]

María Leticia Costas

María Leticia Costas Juliani es ingeniero de la primera promoción del doble máster en Ingeniería Industrial e Industria Conectada.

Durante su trayectoria laboral ha conocido distintos sectores como la consultoría, la gestión de proyectos de ingeniería y de negocio. La posibilidad de ver en primera mano los mundos donde hay más plantilla de ingenieros industriales le ha permitido que pueda, hoy, marcarse un objetivo sobre sus intereses y futuro laboral.

La experiencia que marcó su futuro laboral fue en una planta de recuperación energética en Escocia como ingeniero de proyectos, donde la gestión de equipos, planificación y coordinación de distintos proyectos era crucial para el correcto funcionamiento de la planta. La posibilidad de tener un puesto de liderazgo en un ambiente internacional impulsó su desarrollo en la gestión de proyectos y personas, marcando un interés por la industria 4.0 en el mundo medioambiental.

También pudo desarrollar su capacidad de negociación y del control financiero en Amazon.

Actualmente es Project Manager en el Departamento de IoT en Aqualia, liderando proyectos con tecnologías punteras para que la implementación de la digitalización del ciclo del agua sea una realidad.

Mesa 2 / Ponencia 6

LA INTELIGENCIA APLICADA AL AUTOMÓVIL: PROCESOS Y PRODUCTOS

Fernando Sanz Giménez-Rico. *Director unidad de negocio de Cockpits y Puertas. Grupo Antolin.*

1. Introducción

La industria del automóvil asiste a una auténtica transformación de su modelo de negocio. El protagonista de estos cambios disruptivos está siendo el vehículo conectado, eléctrico y compartido, pero detrás hay una profunda transformación de la industria como consecuencia de mega tendencias globales, marcadas, a su vez, por cambios socioeconómicos y la apuesta global por una mayor sostenibilidad.

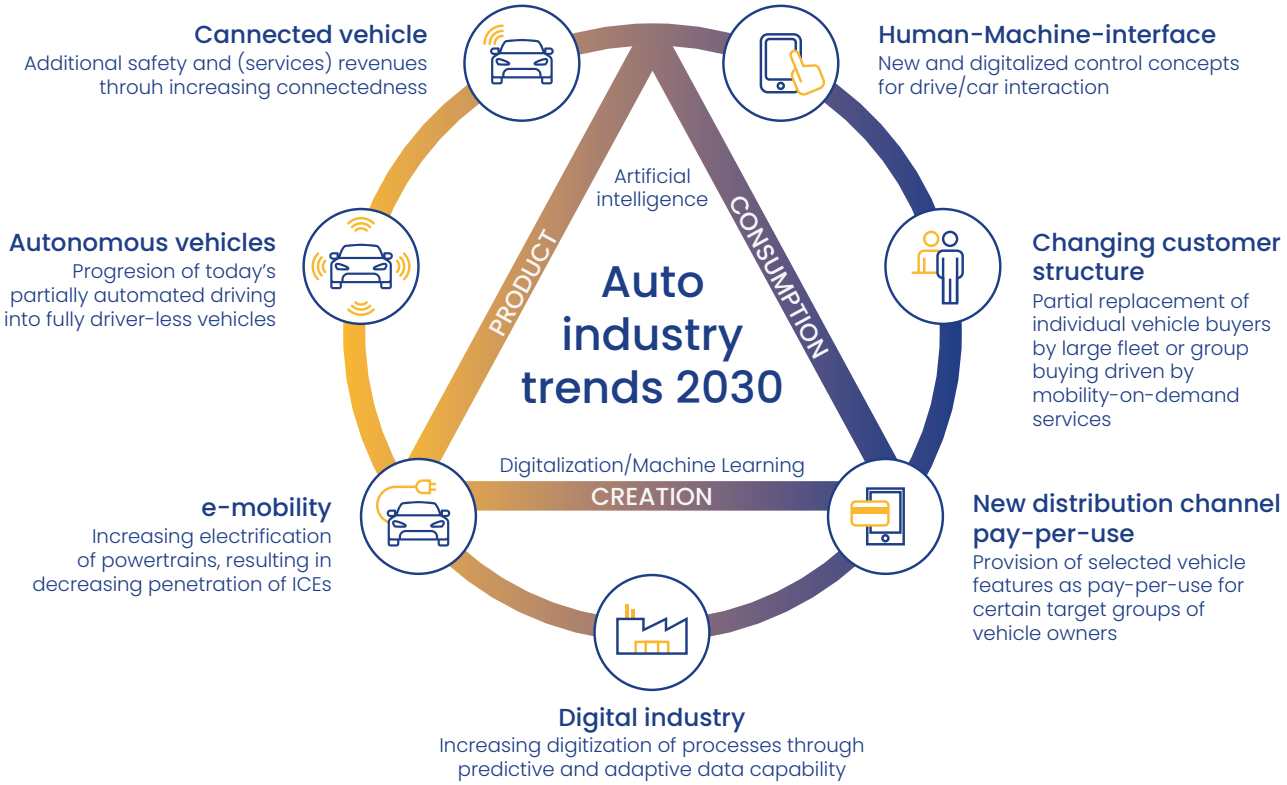
Estas grandes tendencias del sector [1], también están impactando en la forma en cómo se producen los vehículos con implicaciones en toda la cadena de valor siendo distintas las realidades de Estados Unidos, Europa o Asia.

La crisis del COVID-19, que ha tenido un gran impacto en toda la industria, ha acelerado esas tendencias; en parte por la movilización de fondos públicos para regenerar la economía especialmente enfocados a la transformación tecnológica y sostenible de las empresas.

1.1 TENDENCIAS SOCIOECONÓMICAS

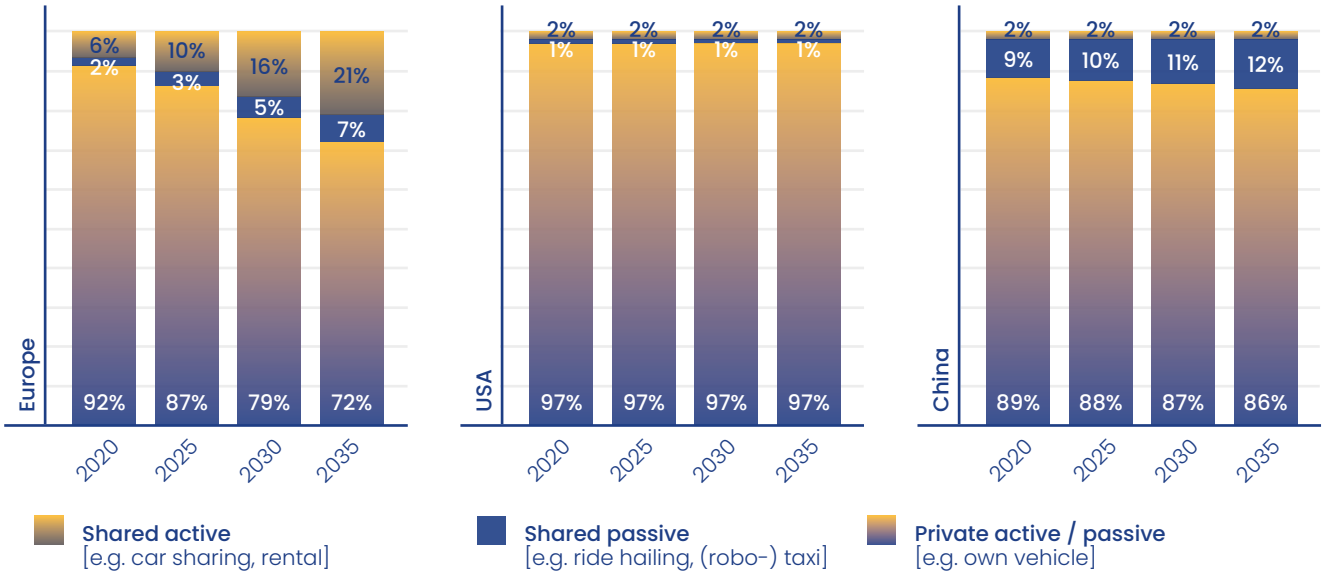
La mayor sensibilización de los ciudadanos por los niveles de contaminación en las ciudades y las cada vez mayores restricciones al tráfico en el centro de las urbes han hecho proliferar nuevas formas de movilidad, así como modelos de negocio basados en la explotación de flotas de vehículos para un uso compartido. Aunque la pandemia ha provocado una ralentización del car sharing, la compleja realidad de la movilidad en las grandes ciudades hace que en el futuro sea necesario que convivan distintos modelos de transporte [2].

Gráfico 1. Tendencias en la indrustria. "Seven fundamental trends drive the automotive industry until 2030, enabled y accelerated by Digitalization, AI and Machine Learning"



Fuente: Oliver Wyman analysis

Gráfico 2. Nuevos modelos de transporte
"Market penetration by mobility mode (in '000 billion person/kilometer, %)"



Fuente: PwC autofacts®, Strategy &

A esto se suma unos mayores requerimientos medioambientales y el firme compromiso del sector por modelos más sostenibles y de economía circular, que promueven el máximo aprovechamiento de recursos a partir de procesos de reutilización y reciclaje. La sostenibilidad a todos los niveles se ha convertido en una prioridad central de la industria con objetivos claros y medibles de reducción de emisiones.

La Comisión Europea quiere limitar fuertemente las emisiones de CO2 procedentes de vehículos de combustión y endurecer los procedimientos de medición. Con las nuevas normativas se intenta impulsar no sólo la motorización eléctrica o híbrida, sino también los sistemas de propulsión de bajas emisiones basados en combustibles alternativos (gas, biocombustibles y combustibles sintéticos) o en pila de combustible de hidrógeno, aunque estas tecnologías están menos maduras y sus costes finales son más elevados. La hoja de ruta apuesta porque la Unión Europea (UE) reduzca sus emisiones contaminantes en un 80% para 2050 [3].

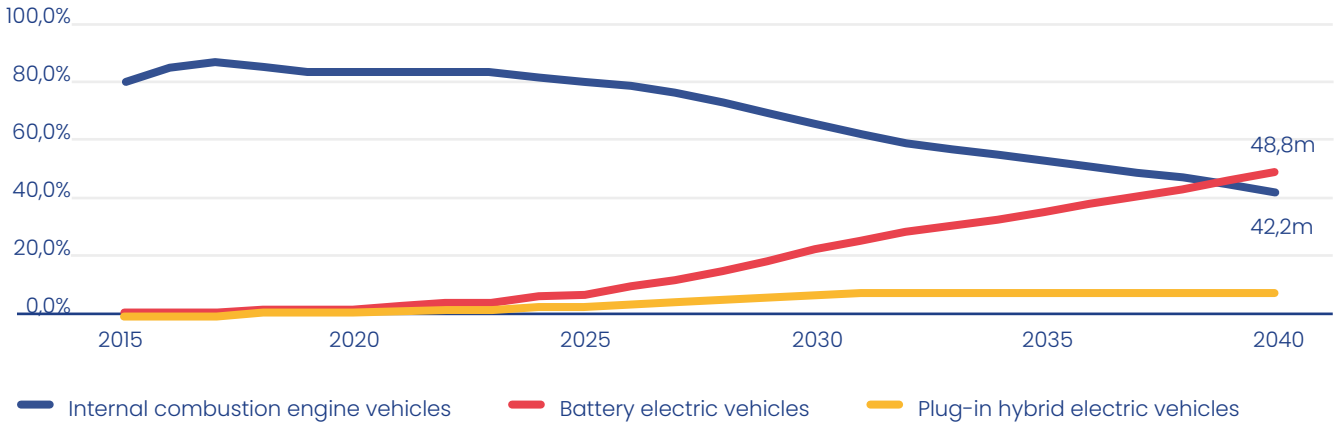
Esta estrategia va a estar respaldada por los fondos europeos Next Generation que se centrarán en la industria automovilística en impulsar la movilidad baja en emisiones y la conectividad del vehículo [4]. Es decir, la prioridad es desarrollar un ecosistema de movilidad sostenible, inteligente, segura y conectada.

1.2 TENDENCIAS TECNOLÓGICAS

Después de años de desarrollo, el sector asiste a una implantación definitiva del vehículo eléctrico ligado, en parte, al auge de los servicios de coches compartidos. Los vehículos destinados a este modelo de negocio serán, preferentemente, de tamaño reducido para facilitar su movimiento en la ciudad y tendrán propulsión eléctrica para evitar las restricciones de acceso al centro urbano durante los cada vez más prolongados y frecuentes episodios de alta contaminación.

Aunque el vehículo eléctrico supone actualmente un porcentaje reducido del total de las matriculaciones de coches, todos los fabricantes han posicionado a estos modelos en el centro de su estrategia, especialmente con la redefinición de los planes tras la pandemia. En los próximos años se producirá un aumento de sus ventas a medida que el precio de esta tecnología, especialmente de las baterías, se reduzca por el mayor desarrollo de los sistemas y las economías de escala [5].

Gráfico 3. El futuro de los vehículos eléctricos [5]
"By 2040, electric cars could outsell gasolineand diesel "



Fuente: Bloomberg New Energy Finance

Además, los vehículos nuevos están incorporando sistemas de asistencia cada vez más complejos, que están permitiendo una progresiva automatización de la conducción. El objetivo, según muchos expertos, es que la conducción pueda llegar a ser casi completamente autónoma a medio plazo, especialmente a medida que se desarrollen los vehículos eléctricos y los nuevos servicios de coches compartidos en las ciudades. Sin embargo, para llegar a ese escenario, todavía hay que superar algunos obstáculos importantes, como son los regulatorios.

Paralelamente al desarrollo del vehículo autónomo, el coche necesitará una mayor capacidad de comunicación con los ocupantes, con los vehículos y con la infraestructura viaria. Se convertirá en un dispositivo conectado, que incorporará nuevos e innovadores servicios de entretenimiento e información a bordo. La conectividad de los vehículos entre sí y a plataformas tecnológicas cuyo control va desde el estado y rendimiento del propio vehículo hasta la situación del tráfico en la ciudad donde se circula es un objetivo cada vez más cercano. Esta tenden-

cia vendrá ligada al desarrollo de tecnologías emergentes como la Inteligencia Artificial o el 5G.

1.3 TENDENCIAS EN PRODUCCIÓN

Las grandes tendencias de la industria tienen sus implicaciones en los propios procesos de fabricación, ya que será necesario suministrar componentes cada vez más específicos, con demandas que pueden ser muy variables, en lugar de grandes volúmenes de componentes. Al mismo tiempo, se necesitarán instalaciones industriales con la flexibilidad necesaria para adaptarse a los nuevos requerimientos de los fabricantes, que aumentarán la oferta de modelos, en paralelo al desarrollo de los vehículos eléctricos, pero con menor volumen.

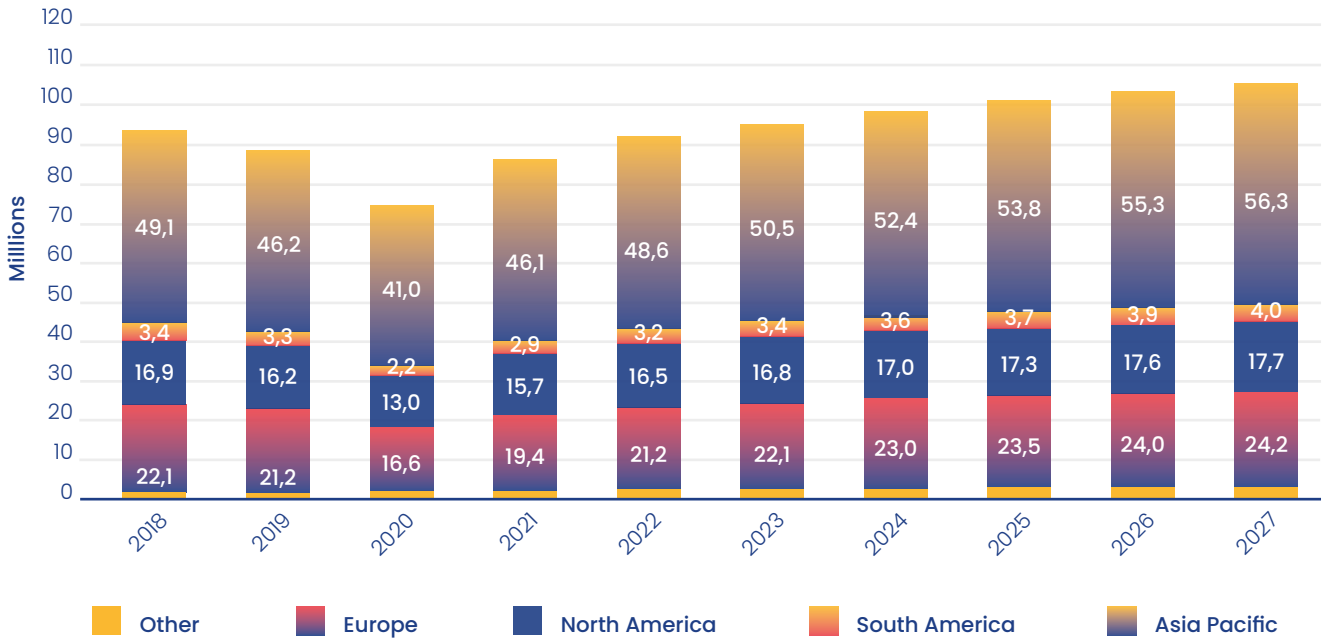
Además, las nuevas normativas exigirán desarrollar procesos productivos altamente eficientes con los que hacer frente a consumos responsables de materia prima y de energía.

Para hacer frente a estas tendencias en la producción, toda la industria está implantando herramientas de fabricación avanzada en sus instalaciones. También se está aprovechando la ingente información que proporciona la digitalización con el propósito de mejorar la eficiencia de los procesos industriales.

Todos estos cambios disruptivos se producen en un entorno desafiante de fuerte reducción de la producción mundial de vehículos como consecuencia de la crisis provocada por la pandemia del COVID-19. En 2020, la producción mundial de vehículos se redujo un 16%, hasta 72,8 millones de unidades. La previsión es que la producción de automóviles no recupere los niveles previos a la pandemia hasta 2022 [6].

Además, esta crisis se produce tras varios ejercicios de tendencia a la baja en el mercado como consecuencia de un contexto macroeconómico complejo debido a las tensiones comerciales, el Brexit y otras incertidumbres.

Gráfico 4. Producción mundial de vehículos [6]

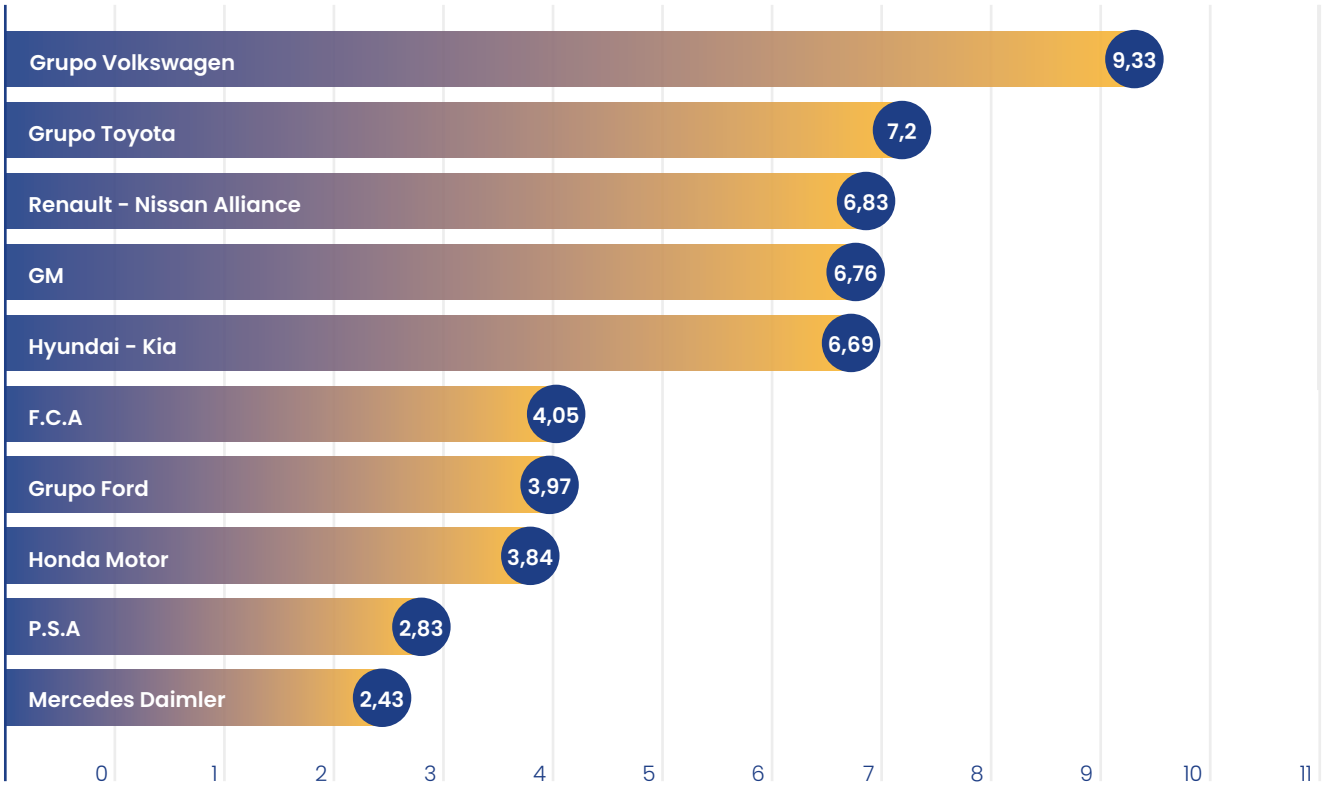


Fuente: LMC Automotive

2. Impacto en el interior del vehículo

El desarrollo del vehículo autónomo, conectado y eléctrico tiene importantes implicaciones en el interior del automóvil, sector donde Grupo Antolin es uno de los mayores proveedores del mundo [8]. Grupo Antolin tiene en marcha una estrategia para liderar los cambios disruptivos descritos y desarrollar soluciones

Gráfico 5. Principales fabricantes de vehículos [7]



Fuente: Statista 2021

innovadoras para el interior del automóvil. Se trata de ayudar en el diseño de vehículos más seguros, confortables, sostenibles y respetuosos con el medio ambiente y tecnológicamente más avanzados.

Grupo Antolin quiere posicionarse como un integrador de soluciones complejas, especialmente en los campos de la electrónica y la iluminación para componentes de interior de automoción. Con ello, además de aportar valor a sus productos, la compañía quiere hacer frente al requerimiento de los clientes respecto a la conveniencia de rodearse de interlocutores capaces de proveer soluciones multitecnológicas dirigidas a grandes plataformas.

2.1 La consolidación definitiva del **vehículo 100% eléctrico** exige profundizar en aspectos de aligeramiento de peso y desarrollo de soluciones modulares con niveles máximos de integración funcional, así como en el uso de tecnologías para el procesado de materiales compuestos, procesos de espumación estructural y revestimientos, y la incorporación de materiales avanzados de carbono.

Para Grupo Antolin, la electrificación tiene, además, otras implicaciones a nivel de innovación en el interior del vehículo:

- Optimización del confort térmico.
- Tecnologías de calefacción de superficies.
- Optimización de comportamiento vibro-acústico.
- Desarrollo de nuevas arquitecturas y la redefinición de espacios.

2.2 El interior del vehículo se está transformando en un **nuevo espacio vital;** en este sentido, mejorar la vida a bordo de las personas ha sido siempre una constante para Grupo Antolin. La necesidad de asepsia en las superficies, así como de monitorizar y controlar la calidad del aire que se respira a bordo, son actualmente cuestiones fundamentales.

Con ese objetivo, Grupo Antolin trabaja actualmente en el desarrollo de:

- Componentes con revestimientos textiles elaborados a partir de fibras naturales como el bambú con propiedades fungicidas intrínsecas.

- La incorporación a nuestros procesos de materiales formulados con aditivos antimicrobianos para dotar a las superficies plásticas de propiedades antisépticas.
- Sistemas mixtos que combinan el filtrado de aire con sistemas de esterilización de las superficies.

2.3 El desarrollo de **nuevos servicios de movilidad** afecta a la duración, aspecto e integridad de las piezas y componentes tanto del interior como del exterior del vehículo. Por lo tanto, los fabricantes de componentes tienen el reto de adaptar los materiales y productos haciendo uso, por ejemplo, de diseños que permitan la sustitución rápida de piezas y/o de materiales más resistentes al uso o fácilmente limpiables.

2.4. El interior del vehículo debe acompañar las tendencias de un mercado cada vez más exigente en cuanto a los requisitos de calidad e **integración de funciones de iluminación y electrónica**. Grupo Antolin tiene una clara respuesta a estos requerimientos dentro de sus productos con una larga tradición (techos, puertas y panel de Instrumentos/cockpits).

En consecuencia, surge la necesidad de integrar en el interior del coche conectores y cableado -incluso mediante impresión funcional-, sensores, actuadores, antenas, iluminación funcional, pantallas y cámaras de monitorización, así como sus propias electrónicas de control. El objetivo es profundizar en los procesos de integración que contribuyan al aporte de valor en los componentes que fabrica la empresa.

2.5 La conectividad es cada vez más un criterio de venta clave para el automóvil y la base de la seguridad de la conducción del futuro. Las necesidades de comunicación con los ocupantes, otros vehículos y la infraestructura viaria irán en aumento a medida que evolucione el mercado.

Además, la incorporación al vehículo de sistemas avanzados de asistencia está permitiendo la progresiva automatización de la conducción para llegar a un nivel avanzado de autonomía.

En este sentido, la compañía investiga sobre funciones relacionadas con la seguridad mediante sistemas de iluminación interior con los que mejorar aspectos de capacidad visual y disminución de fatiga en condiciones de conducción nocturna. También desarrolla soluciones relacionadas con la monitorización de los pasajeros que permiten detectar la fatiga y problemas de somnolencia durante la conducción.

3. Impacto en los procesos

Grupo Antolin ha realizado una importante apuesta por digitalización y la aplicación de las nuevas tecnologías de la industria avanzada en todas las fases del ciclo de vida del producto y proceso, desde la innovación y diseño hasta la fabricación y transporte.

Sin olvidar la automatización de la producción, los esfuerzos de Grupo Antolin se centran en aspectos de análisis de la información digital. Se trata de capturar los datos allí donde se generan, procesarlos e incorporarlos de manera inmediata en las herramientas corporativas para apoyar en la toma de decisiones en todos sus procesos industriales.

La principal aplicación se centra en la recopilación, el análisis y la gestión rápida y online de los datos y la información para:

- Hacer que los procesos y sistemas sean más inteligentes con el objetivo de optimizar el control de calidad, el mantenimiento predictivo y la logística interna.
- Buscar los niveles máximos de eficiencia para contribuir a la sostenibilidad de nuestro negocio.
- Mejorar la flexibilidad con el objetivo de adaptar rápidamente nuestras instalaciones y procesos a los cambios de producción y series por parte de los clientes.

Las nuevas tecnologías de la industria avanzada se aplican en varias áreas clave del proceso de producción de Grupo Antolin tomando como base la gestión de los datos:

3.1 CALIDAD

La calidad es un pilar básico en automoción y un requerimiento máximo de los fabricantes de vehículos. La compañía trabaja en la implantación de cámaras de visión artificial que aprenden permanentemente de las operaciones y que buscan el cero defectos en la fabricación de las piezas.

Los beneficios de este sistema son evidentes: permite el control de la producción, elimina y simplifica operaciones de inspección, reduce el empleo de he-

rramientas, baja costes y, lo más importante, logra una mejor satisfacción del cliente.

3.2 MANTENIMIENTO PREDICTIVO

Grupo Antolin está centrando en predecir las paradas tanto de máquinas inyectoras como de prensas. Mediante un modelo de simulación y con el análisis de la información, se trata de predecir el fallo de una máquina antes de que ocurra, con el objetivo de no verse afectada la producción.

Las potenciales ventajas son enormes: reduce drásticamente los costes de mantenimiento, el tiempo de reparación y los stocks de las piezas de las máquinas. Por otro lado, se logra mejorar la vida útil de las máquinas, la disponibilidad y eficiencia de la máquina y, por lo tanto, la productividad de la factoría.

3.3 LOGÍSTICA INTELIGENTE

La logística constituye uno de los ejes centrales de los procesos de planta. Los materiales se mueven de forma constante, desde la recepción y almacenamiento de materia prima, el acercamiento de esos productos a las líneas de producción, y el almacenamiento y expedición del componente terminado. Gestionar estos flujos en tiempo real con tecnologías, como RFID, tiene un impacto claro en la optimización y en la seguridad de las fábricas.

3.4 AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN

La automatización debe aplicarse en el proceso cuando resulte eficiente, desde la recepción de materia prima a la producción y la entrega del producto terminado. En poco, se ha pasado de recolección de datos manuales a procesos totalmente automatizados que son la base para una producción más eficiente y ajustada a las necesidades en tiempo real de los clientes.

4. Cconclusiones

1. **Entorno de menor volumen y rentabilidad:** la crisis del COVID-19 y la política de reducción de costes por parte de los fabricantes de coches plantean un gran reto sobre cómo mantener la rentabilidad de los fabricantes de componentes en el largo plazo. Es necesario, por lo tanto, trabajar en la mejora de la eficiencia y la competitividad general de las empresas.
2. **Exigencias regulatorias de tipo social y ambiental:** el sector debe convertir en oportunidades las exigencias regulatorias, de energía y clima, materias primas y ciberseguridad, haciendo de las mismas un reto presente en su estrategia hacia un modelo más sostenible.
3. **Respuesta a las nuevas tendencias de movilidad:** las nuevas tendencias en el mercado demandan una movilidad sostenible, inteligente, asequible y segura a la que el sector debe adaptarse impulsando la electrificación, conectividad y la autonomía de los vehículos.
4. **La importancia de la innovación en la industria.** La industria española de componentes invierte en I+D+i un 4% de su cifra de facturación, lo que se traduce en unos 1.500 millones de euros anuales [9]. Es indudable que la innovación juega un papel esencial en el proceso de recuperación del sector y como palanca para liderar la transformación tecnológica de la industria. En el sector de automoción, la innovación no es una opción, ya que la competitividad radica necesariamente en la diferenciación tecnológica y en la capacidad de mejora continua de productos y de procesos.
5. Las **ayudas europeas** deben ser un importante elemento de transformación de la industria española de automoción, que representa el 10% del PIB, el 15% de la recaudación fiscal nacional y el 9% de la población activa (empleos directos e indirectos [10]. Los fondos del programa Next Generation que llegarán a la industria deben destinarse a proyectos que generen verdadero valor añadido y ayuden a las empresas a su digitalización y el impulso de la innovación y el desarrollo tecnológico.
6. El liderazgo tecnológico de la industria española se ha logrado gracias a los **profesionales altamente cualificados** que integran sus plantillas. Hay que seguir manteniendo ese valor diferencial especialmente frente a la competencia de otros países con costes laborales inferiores, que también están desarrollando sus capacidades en diseño, ingeniería e I+D+i.

Bibliografía

- [1] FAST 2030, Oliver Wyman study on the Future Automotive Industry Structure. https://www.oliverwyman.com/our-expertise/insights/2018/jun/fast-2030.html
- [2] Digital Auto Report 2021 Accelerating towards the "new normal". https://www.strategyand.pwc.com/de/en/industries/automotive/digital-auto-report-2021/strategyand-digital-auto-report-2021-vol1.pdf
- [3] Estrategia a largo plazo para 2050 - European Commission. https://ec.europa.eu/clima/eu-action/climate-strategies-targets/2050-long-term-strategy_es
- [4] Next Generation EU Automotive, a comparison of national plans. https://bx.fi-group.com/en/automotive-sector/
- [5] At Least Two Thirds of Global Car Sales Will Be Electric by 2040. https://www.bloomberg.com/news/articles/2021-08-09/at-least-two-thirds-of-global-car-sales-will-be-electric-by-2040
- [6] Global Light Vehicle Forecast | LMC AUTOMOTIVE. https://lmc-auto.com/what-we-do/our-services/global-light-vehicle-forecast/
- [7] Ranking de los principales fabricantes de automóviles según el volumen de ventas a nivel mundial en 2020. https://es.statista.com/estadisticas/600663/fabricantes-de-automoviles-venta-de-vehiculos-a-nivel-mundial/
- [8] Grupo Antolin. Liderando el futuro de la Industria, desde el Interior del Automóvil. https://www.grupoantolin.com/es/compania-home
- [9] SERNAUTO. El sector de Componentes en España. https://www.sernauto.es/themes/default/assets//files/Dossier%20de%20Prensa%20SERNAUTO.pdf
- [10] SERNAUTO. El sector de Automoción en España. https://www.sernauto.es/themes/default/assets//files/Dossier%20de%20Prensa%20SERNAUTO.pdf

Fernando Sanz

Fernando Sanz Giménez Rico es ingeniero industrial del ICAI, posee más de 30 años de experiencia en la Industria del Automóvil, donde ha asumido puestos de creciente responsabilidad en diferentes áreas y entornos multinacionales.

Se incorpora a Renault en 1990, y tras un periodo de formación, asume el puesto de responsable de Proyectos de Industrialización en Ingeniería Mecánica para las Fábricas de Motores de Valladolid y Cléon en Francia, responsabilidad que, entre 1996 y 1998, desempeña expatriado en la central de RENAULT en París.

En 1998 se incorpora a Grupo Antolín, donde ha asumido diferentes funciones en las áreas de Ingeniería, Proyectos, Compras, Calidad, Operaciones y Unidades de Negocio, incorporándose desde 2005 al comité de dirección del Grupo, como director de Calidad Corporativo.

En 2006 se hace cargo de la unidad de negocio de Asientos, pasando a desempeñar la misma función en 2013, en la unidad de negocio de Techos. Desde 2017, asume la unidad de negocio de Puertas, que integra desde 2020 los productos del Cockpit, bajo la unidad de negocio Cockpits & Doors.

Mesa 2 / Comunicación

LA FORMACIÓN PROFESIONAL (FP) ANTE EL RETO DE LA INDUSTRIA 4.0

José Ramón Aranda Jiménez. *ICAI, promoción 1969.*

Marta de Amusategui y Vergara. *ICAI, promoción 1988.*

Antonio Arenas Alonso. *ICAI, promoción 1983.*

José Javier San Martín. *ICAI, promoción 1997.*

Matías Delgado-Ureña. *ICADE, promoción 1981.*

1. La I4.0 en España: antecedentes y contexto actual

Industria 4.0 es una visión que evolucionó de una iniciativa para hacer que la industria manufacturera alemana sea más competitiva ('Industrie 4.0') a un término adoptado a nivel mundial [1]. Una aproximación al concepto de Industria 4.0, puede ser entenderla como la transformación digital de la producción y, por tanto, de todas las industrias implicadas en el proceso.

De una manera clásica, se han definido de esta manera las distintas revoluciones industriales, que transcurrieron a lo largo de dos siglos, de la manera siguiente [2]:

- Primera revolución industrial: caracterizada por el auge de la máquina de vapor, mecanización, minería, metalurgia, industria textil, etc.
- Segunda revolución industrial: electrificación, producción en masa, motores, turbinas, telégrafo, gas, etc.
- Tercera revolución industrial: TI, OT, Robótica, Computación, Automatización electrónica, Redes digitales, etc.

El paradigma de esta, a veces llamada, cuarta revolución industrial, podría incluir las siguientes palabras clave [3]: I4.0, Máquinas autónomas, Robótica

Avanzada, Big Data, IoT, Ubicuidad, Cloud, Machine Learning, etc. Se deduce de una manera evidente que el salto a esta nueva revolución conlleva no sólo nuevas tecnologías sino un nuevo cambio en el lenguaje profesional ¿Qué significan todos estos términos? Claramente es necesaria una formación que cubra el conocimiento de estos términos, y su correcto uso en cada entorno laboral.

También, hay una serie de preguntas que podemos hacernos [2]:

- ¿Cuáles son las características que definen Industria 4.0?
- ¿Cuáles son los campos de aplicación de Industria 4.0 actuales?
- ¿Quién está trabajando en Industria 4.0, cuándo y dónde?
- ¿Cuáles son las principales líneas de investigación futuras?

Por otro lado, el cambio más crítico que supone I4.0 es a nivel del mercado laboral [4], ya que los cambios que conlleva van a demandar de profesionales con nuevas habilidades. En definitiva, van a aparecer nuevas profesiones, como evolución y mestizaje de las ingenierías tradicionales con otras ingenierías basadas en las nuevas tecnologías.

Los estudios de ingeniería actuales alrededor del mundo se están nutriendo con nuevas titulaciones, normalmente relacionadas con las nuevas tecnologías, muy alejadas de los estudios actuales. No obstante, esta tendencia no va en detrimento de las ingenierías tradicionales, que tienen una demanda tan alta como siempre, pero sí nos indican que la formación de estas ingenierías debe conllevar una adaptación a las nuevas herramientas para el desempeño de su trabajo.

Por otro lado, los gobiernos deben actuar de manera clara en la promoción de las carreras más demandadas por el mercado, potenciando la adaptación de planes de estudio, y de nuevos grados, con contenidos más acordes a las demandas tecnológicas del mundo profesional actual.

2. Formación Profesional: los profesionales de niveles intermedios, clave para el desarrollo de la industria 4.0[1]

2.1 SITUACIÓN ACTUAL

Inmersos ya en la 4ª revolución industrial, y coincidiendo con la necesidad de salir con renovado impulso del tremendo efecto negativo que nos ha dejado la pandemia, todas las miradas se dirigen a la formación de profesionales que sean capaces de promover los imprescindibles cambios en el modelo productivo utilizado hasta ahora. Es obvio que en coherencia con las necesidades empresariales la estructura de las cualificaciones profesionales demandadas deberá responder a una configuración tipo barril (el mayor número de personas se demandará con cualificaciones intermedias), sin embargo la configuración profesional de la población española responde a una configuración tipo diábolo (las mayores cifras corresponden a personas con altas cualificaciones y a personas con cualificaciones bajas o sin cualificación profesional), tal como se refleja en el gráfico 1.

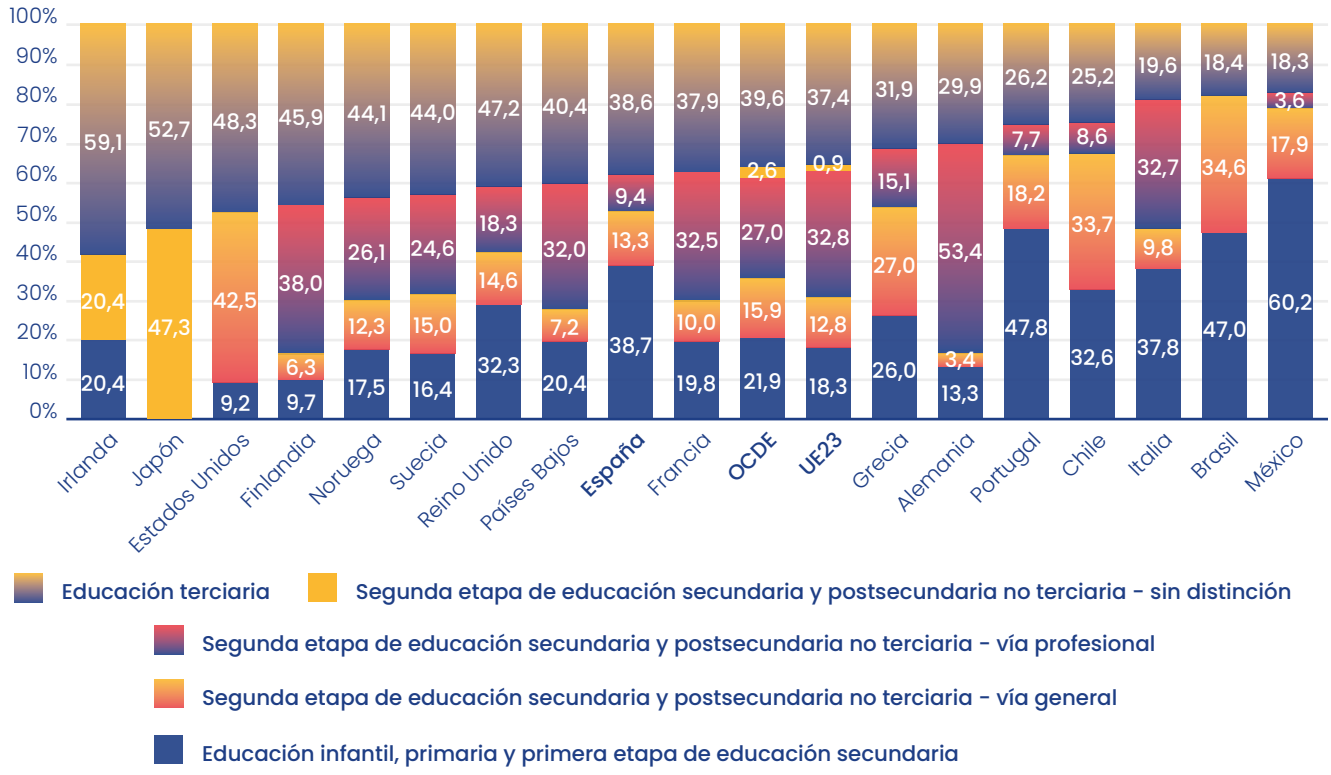
Identificando las cualificaciones profesionales con los niveles de formación alcanzada según la Clasificación Internacional Normalizada de la Educación (CINE)[2] podemos decir que el **problema** de nuestra población es el **excesivo número de ciudadanos con niveles de formación CINE 0-2** y el r**educido número de ciudadanos con nivel CINE 3**, el cual abarca a los cualificados con **FP Básica** (**FPB**, CINE 38) **y FP Grado Medio** (**FPGM**, CINE 33), así como a quienes, sin cualificación profesional, su nivel máximo es **Bachillerato** (CINE 32) y **4º Curso de ESO**.

Así, en el gráfico 1 vemos que, en el nivel CINE 3, en España, las personas con cualificación profesional, **FP Básica y Grado Medio** (9,4%), son el 70,7% de las que tienen nivel fundamentalmente de **Bachillerato y 4º curso de ESO** (13,3%), que no cualifican profesionalmente. Esta ratio resulta inversa y con mayor distancia cuando se observa el promedio OCDE, 169% y UE23, 256,2%.

[1] Análisis más completos y detallados puede encontrarse en [Arenas 2019] y en [Arenas 2021].

[2] CINE 0, Primera infancia; CINE 1, Primaria; CINE 2, Secundaria Baja; CINE 3, Secundaria alta; CINE 4, Postsecundaria no terciaria; CINE 5, Terciaria ciclo corto; CINE 6, Grado universitario o equivalente; CINE 7, Máter universitario o equivalente; CINE 8, Doctorado. [CNED14] https://www.educacionyfp.gob.es/dam/jcr:a60265fe-7b79-4b8b-a615-ace845e3ed1c/cine2011esp.pdf

Gráfico 1. Nivel en detalle de formación de la población adulta (25-64 años).



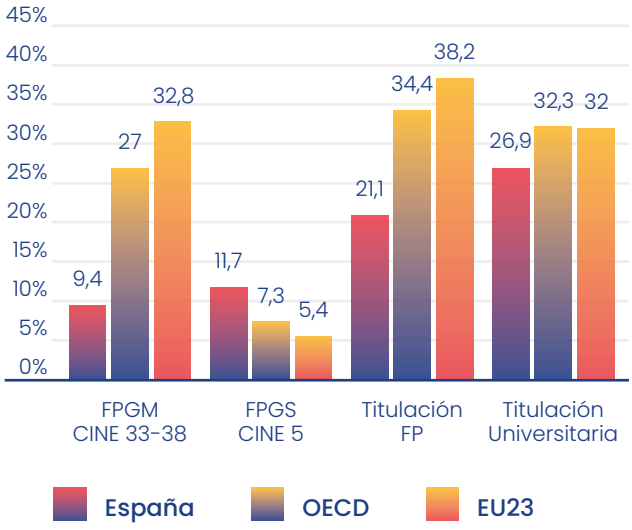
Fuente: Panorama de la Educación. Indicadores de la OCDE. 2020. Informe Español. Gráfico 1.2

Así, el gráfico 2, en el mismo rango de edad (25-64 años) y a finales de 2019, encontramos la distribución según niveles de formación alcanzado de la población española que cuenta con cualificación profesional en todos los niveles.

Un análisis más detallado puede obtenerse de la tabla 2.1 en la que se han relacionado directamente los Grandes Grupos Ocupacionales (CNO-09) con los Niveles de Formación Alcanzado (Según CINE).

Un dato relevante de la tabla 1 es el peso nada despreciable que tiene el número de directores y gerentes (CNO 1) con formación no superior (CINE 0-3), ya que éstos suponían 273.6400 (36,2%), siendo los que tienen formación superior (CINE 5-8) 483.120 (63,8 %) de ellos. Este hecho que puede considerarse anómalo puede ser explicado por el elevado número de autónomos y pequeños empresarios en España. En este grupo y contexto de los autónomos, resulta sorprendente la baja cifra (36.260 personas) que aporta el grupo de los ocupados con niveles de formación FPGM y FPB (CINE 33-38).

Gráfico 2. Distribución de la población española de 25-64 años con cualificación profesional



Fuente: Panorama de la Educación. Indicadores de la OCDE. 2020. Informe Español y elaboración propia.

[3] Tabla elaborada a partir de los microdatos que, de forma codificada, son ofrecidos por el INE, toda vez que la información facilitada por las tablas publicadas de la EPA en la página web del INE, no permiten la segregación para un análisis suficientemente detallado. Esto puede conducir a algunas diferencias (pequeñas) entre las cifras que para algunas variables ofrece el INE en sus páginas y las que han resultado de la decodificación de los microdatos.

Tabla 1. Correspondencia en las personas ocupadas entre el Gran Grupo Ocupacional y el Nivel de Formación Alcanzado por las personas ocupadas según la EPA 2019T4, correspondiente al cuarto trimestre de 2019. Se excluyen las ocupaciones militares.

CNO		Cine 0	Cine 01	Cine 1	Cine 2	Cine 32
Grandes Grupos Ocupacionales EPA 2019T4 Miles de personas ocupadas (sin ocupaciones militares)		**Analfabetos**	**Primaria incompleta**	**Primaria**	**Secundaria 1ª etapa**	**Secundaria 2ª etapa.** Orien. General
1	Directores y gerentes	0,62	2,17	13,64	114,35	106,60
2	Técnicos y profesionales científicos e intelectuales	0,00	0,00	0,00	16,42	44,93
3	Técnicos; profesionales de apoyo	0,00	0,93	15,49	240,79	359,47
4	Empleados contables, administrativos y otros empleados de oficina	0,00	1,24	13,95	252,56	388,60
5	Trabajadores de servicios de restauración, personales, protección y vendedores	4,96	27,89	176,02	1481,59	824,00
6	Trabajadores cualificados en el sector agrícola, ganadero, forestal y pesquero	0,31	0,62	8,99	38,74	10,54
7	Artesanos y trabajadores cualificados de las industrias manufactureras y construcción	1,55	19,52	135,42	1003,43	224,36
8	Operadores de instalaciones, maquinaria y montadores	0,62	8,99	78,71	810,06	198,64
9	Ocupaciones elementales	8,37	49,89	218,78	1079,97	286,96
	Total	**10,42**	**111,25**	**661,00**	**5037,90**	**2444,11**
	%	**0,1**	**0,6**	**3,5**	**26,6**	**12,9**

Formación alcanzada / requerida: Sobrecualificados | Infracualificados | Ajustados

Fuente: Microdatos de la EPA2019T4 y elaboración propia[4]

2.2 REFLEXIONES Y PROPUESTAS.

Los datos ofrecidos anteriormente sobre la baja presencia laboral de los profesionales cualificados en niveles intermedios (FPB y FPGM) y su necesidad de incrementarlos de forma relevante son reflejados en los numeroso documentos y propuestas que, ya aprobados o como propuestas, están siendo utilizados como la base de la recuperación económica y social que España necesita.

Así esta necesidad de potenciar la formación de profesionales en los niveles intermedios queda reflejada y reconocida en el **Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia** [PLANRTR], en el documento **España 2050, Fundamentos y propuestas para una Estrategia nacional a largo plazo** [ESTRATEGIA2050], y en el **Anteproyecto de Ley Orgánica de Formación Profesional** [LOFP2021], en estos momentos en tramitación parlamentaria. Considerados de interés relevante, analizamos estos documentos en los aspectos relacionados con la formación.

[4] Microdatos de la EPA2019T4 y elaboración propia

Cine 33-38	Cine 5 a 8	Total	%
Secundaria 2ª etapa. Orien. Profesional	Educación superior		
36,26	483,12	756,75	4,0
20,76	3665,08	3747,20	19,8
142,24	1334,39	2093,31	11,1
201,74	1197,73	2055,82	10,9
784,64	1047,12	4346,22	23,0
10,23	10,23	79,64	0,4
373,11	458,64	2216,03	11,7
207,94	240,48	1545,43	8,2
218,16	230,56	2092,69	11,1
1995,08	**8667,34**	**18933,10**	**100**
10,5	**45,8**	**100,0**	

2.2.1 Plan De Recuperación, Transformación Y Resiliencia.

De las diez **políticas palanca de reforma estructural** para un crecimiento sostenible e inclusivo, la número 7, *Educación y conocimiento, formación continua y desarrollo de capacidades*, plantea que el refuerzo del **capital humano** es fundamental para que el Plan de inversiones y reformas tenga el impacto deseado, tanto en la generación de actividad a corto plazo, como en el refuerzo estructural de la economía y las nuevas oportunidades laborales a medio y largo plazo. El momento requiere una actuación coordinada inmediata para abordar de forma estratégica la capacitación del conjunto de la sociedad, reorientando y aprovechando el talento y las habilidades existentes en nuestro país y generando actividad en los ámbitos de la formación y transferencia de capacidades.

Uno de los tres proyectos planteados para reforzar el capital humano es el **Plan estratégico de impulso de la Formación Profesional** mediante la modernización de las titulaciones, el desarrollo de sistemas de cualificación en el trabajo (life-long learning) y el impulso de la FP dual.

2.2.2 España 2050. Fundamentos y Propuestas para una estrategia nacional de largo plazo.

Este documento, de gran relevancia por la profundidad y acertados planteamientos en sus análisis, ha sido realizado por destacados expertos del ámbito correspondiente, plantea con gran acierto en su 3er desafío de futuro: **Mejorar la formación y la recualificación de nuestra población**.

Así, asumimos con plena identificación sus planteamientos tanto en relación con las **asignaturas pendientes**, como con las **vías de mejora** propuestas, que resumimos a continuación.

I.- Las asignaturas pendientes: Avances en capital humano:

a. La alta proporción de población española que no supera la educación secundaria obligatoria. La proporción de personas que tiene una titulación de segunda etapa de secundaria (Bachillerato, FP de Grado Medio u otras equivalentes) es muy inferior a la de nuestros vecinos europeos (el 23% frente al 42% de la UE-22 o el 41% de la UE-8). Como resultado, e**n España hay hoy más de 10 millones de personas adultas (el 48% de la población activa de entre 25 y 64 años) que no poseen ningún título de formación profesionalizante (FP o universitaria), es decir, que no tienen competencias profesionales o que, si las tienen, no están acreditadas.**

b. La segunda asignatura pendiente de nuestro capital humano es la mejora de sus competencias. La población adulta presenta un dominio de competencias básicas como la comprensión lectora o la habilidad matemática inferiores a sus homólogos europeos. Este problema se da en todos los niveles formativos. Por ejemplo, **una persona con titulación terciaria en España presenta un nivel de comprensión lectora y de habilidades matemáticas más bajo que el de un graduado en Bachillerato en los Países Bajos**. La población española está **por debajo de la media europea en materias fundamentales** como son el conocimiento de

idiomas extranjeros, las habilidades digitales, o la formación financiera y en el dominio de competencias transversales o soft skills como el pensamiento crítico, la creatividad o la curiosidad, **las cuales están llamadas a tener una transcendencia cada vez mayor en el desarrollo personal y profesional de las personas.** Estas carencias competenciales tienen su reflejo en nuestro mercado laboral. Las encuestas indican que, en España, **al menos 2 de cada 10 personas trabajadoras no tienen las competencias necesarias** para desempeñar adecuadamente su labor, que **3 de cada 10 empresarios tienen un nivel de estudios bajo.**

c. La tercera asignatura pendiente de España es el impulso de la formación a lo largo de toda la vida (lo que en inglés se conoce como lifelong learning). La evidencia muestra que la participación de la población adulta en procesos de recualificación está fuertemente ligada a una mayor productividad (entre un 5% y un 30%), mayores oportunidades de empleo y mejores salarios. Por ello, el fomento de la educación a lo largo de toda la vida se ha convertido en un objetivo compartido por los países más desarrollados del mundo.

II.- Las vías de mejora: consolidar la Formación Profesional como una de las principales vías de formación y recualificación profesional en España.

Esta opción formativa sigue sin gozar de la implantación que tiene en otros países europeos, especialmente en aquellos con mayor nivel de desarrollo económico. Esto se debe a dos fenómenos:

- por un lado, hay una parte significativa del alumnado en España que, aunque podría estar interesado en cursar una FP, abandona la escolaridad antes de llegar a ella.
- por otro lado, está el hecho de que la mayoría de los alumnos que consiguen terminar la ESO se sienten más atraídos por el Bachillerato que por la FP como vía de acceso a la universidad (percibida como la meta educativa por la mayoría de los estudiantes) o como opción para la capacitación profesional. En 2018, sólo el 36% del alumnado que finalizó la ESO en España optó por la FP, frente al 64% que prefirió los estudios de Bachillerato; una proporción ligeramente distinta a la que encontramos en varios países de la UE-8, en los que la FP es la opción predominante.

Varios factores explican este sesgo en la selección del itinerario educativo:

- el insuficiente reconocimiento social del que goza la FP en nuestro país entre padres, docentes, orientadores y alumnos.
- las carencias que aun presenta el diseño e implementación de esta oferta formativa la naturaleza del tejido productivo español, en el que abundan los empleos que no exigen una capacitación técnica elevada.
- la supervivencia de viejos estereotipos de género, que hacen que el 80% de las mujeres se concentre en cuatro familias profesionales muy concretas (sanidad, administración, servicios socioculturales y a la comunidad, e imagen personal), quedando infrarrepresentadas en las titulaciones técnico-industriales, que son las que mayor demanda laboral tienen.

En los próximos años, tendremos que atajar estos factores y **consolidar la FP como una de las principales vías de formación y recualificación de nuestra población,** siguiendo el modelo de los países más avanzados de la UE.

2.2.3 Anteproyecto de Ley Orgánica de Formación Profesional

El anteproyecto de la nueva Ley de Formación Profesional pretende ayudar a resolver los problemas planteados, primero identificando el problema en los mismos términos planteados anteriormente, así, en el preámbulo expone: *"Comparada con la de otros países con estructura económica y de actividad similares, nuestra estructura formativa está sesgada hacia abajo y hacia arriba. Por un lado,* ***tenemos un elevado número de personas sin cualificaciones adecuadas a las necesidades de la economía actual.*** *Por otro, tenemos un elevado número de personas sobrecualificadas en relación con el trabajo que desarrollan.* ***Necesitamos fortalecer el grupo de profesionales con cualificación intermedia. Este es el rasgo que nos diferencia de otras economías europeas desarrolladas, donde este grupo intermedio de personas cualificadas profesionalmente es su principal activo****. Entre tanto,* ***la formación profesional continúa lastrada socialmente por una visión no adaptada a la realidad actual, que ha limitado tradicionalmente a tasas reducidas los porcentajes***

de estudiantes en formación profesional, privilegiando otros itinerarios de carácter más académico. *En los últimos años, este proceso está logrando ser revertido, con un crecimiento constante de estudiantes que optan por itinerarios profesionales."*

Así, el problema del **elevado número de personas sin cualificación adecuada**, se plantea resolver mediante *"la acreditación de las competencias profesionales adquiridas por la experiencia laboral y vías no formales de formación"*, no obstante, según se describe en el preámbulo, se reconocen las dificultades para ello al constatar líneas después que: *"El sistema, tal y como se había venido desarrollando hasta ahora, no había alcanzado los objetivos previstos, habiendo sido muy pocos los ciudadanos que desde el año 2009 habían hecho uso del procedimiento. Concretamente un número aproximado de 300.000 ciudadanos en más de 10 años frente a los más de 11 millones de potenciales usuarios."*

Por otro lado, l**a falta de estudiantes que cursan Formación Profesional** de Grado Medio al finalizar ESO o Formación Profesional de Grado Superior al finalizar Bachillerato, se pretende corregir mediante mejoras en el sistema que implican desde *la FP dual, la orientación*, el acercamiento de *la innovación y la investigación aplicada*, internacionalización con dobles titulaciones y participación en proyectos, la obligatoriedad de contar los centros con un *mecanismo de Evaluación y Calidad del Sistema*, la incorporación de los *interlocutores sociales* a la gobernanza del sistema, hasta la Formación profesional para el empleo *"desapareciendo la doble oferta actual para crear una única oferta acreditable, certificable y accesible, permitiendo con ello a la ciudadanía diseñar y configurar itinerarios propios adaptados a sus necesidades, capacidades y expectativas. Se establece un sistema totalmente novedoso de grados de formación profesional (A, B, C, D y E), atendiendo a su amplitud y duración, en un continuo desde las microformaciones (grado A) hasta los títulos y cursos de especialización (grados D y E), basado en la progresión formativa, y en la obtención de una acreditación, certificación y titulación."*

No obstante, las importantes aportaciones y modificaciones del anteproyecto de ley, el incremento de ciudadanos con cualificaciones profesionales intermedias a medio y largo plazo, no se producirá mientras no se acabe con **el estigma de la FP como puerta de abandono** y se perciba la Formación Profesional reglada como un **camino de formación aplicada**, que además de formar en habilidades:

- No descuide los **fundamentos y conceptos**, base para los necesarios procesos de formación continua a lo largo de su vida.
- Potencie la **formación cultural y en valores**, base para de una sociedad democrática y con espíritu crítico
- Establezca una **conexión natural y razonable con la universidad**, base para crear una estructura de profesionales escalonada, adecuada a las necesidades empresariales.

3. Formación Continua: profesionales actualizados para sostener la innovación empresarial y conseguir el pleno empleo

La Formación Profesional Continua (en adelante FPC) atiende las necesidades de formación de las personas, en el intervalo de edad entre los 24 y los 65 años, para disminuir la diferencia entre las cualificaciones obsoletas y las cualificaciones necesarias para mantener el empleo, mejorar la empleabilidad presente y futura de cara al mercado de trabajo, u obtener un empleo en el caso de desempleados. Según la Unión Europea, la FPC engloba cualquier actividad emprendida por adultos para mejorar sus conocimientos, competencias y habilidades relacionadas con el trabajo, incluyendo actividades formales, no formales e informales, así como la ayuda y asesoramiento para la búsqueda de trabajo. Una condición básica para la efectividad de la FPC es la utilización de la didáctica adecuada para adultos y el conocimiento de los cambios tecnológicos, a fin de organizar el aprendizaje de los conocimientos, competencias y habilidades requeridas para sus fines.

3.1 EL DESARROLLO DE LA FORMACIÓN PROFESIONAL CONTINUA EN ESPAÑA.

El desarrollo de la FPC en España engloba cuatro áreas: (1) la Formación Profesional (FP), ya que el 45% de sus alumnos tienen más edad que la teórica; (2) la Formación Continua de Postgrado (FCP), universi-

taria o por otras instituciones, ya sean educativas o empresariales; (3) la formación en el trabajo facilitada por las empresas; y (4) programas específicos para desempleados.

3.1.1 La Formación Profesional en España

La FP española trata de facilitar la transición del ámbito educativo al laboral para atender las necesidades de los sectores productivos. El número total de alumnos matriculados en FP se ha duplicado en la última década, llegando a 888.000 alumnos en el curso 2019-20 -791.000 presenciales y 97.000 a distancia-. También es relevante, para entender la importancia de la FP, el ámbito de las áreas de formación que abarca: actualmente existen 26 "Familias Profesionales" vinculadas con los sectores productivos, proporcionando, en total, 668 cualificaciones que permiten diseñar ofertas de formación y que se traducen a Títulos de FP o a Certificados de Profesionalidad. En la actualidad, *el Plan Estratégico de la Formación Profesional del Sistema Educativo 2019-2022* desglosa dieciséis objetivos, entre los que se puede destacar la incorporación estable de empresas e interlocutores sociales al sistema de FP, el desarrollo del modelo de FP Dual y la promoción de la modalidad a distancia de la FP, así como la simplificación de los procedimientos de acreditación de competencias profesionales y de competencias básicas dirigido a personas adultas. Para alcanzar los objetivos de la FP en 2022 y resolver sus debilidades actuales, el Ministerio de Educación y FP ha propuesto un *Plan para la formación profesional, el crecimiento económico y social y la empleabilidad* con una dotación de 1.500 millones de €.

3.1.2 La Formación Continua de Postgrado en España

La FCP proporciona la adquisición de conocimientos y competencias durante toda la vida profesional y, en España, se provee por universidades y por otras instituciones educativas o empresariales. La FCP es necesaria para que las personas adquieran los conocimientos requeridos por el mercado de trabajo y esta necesidad se manifiesta por la opinión de los egresados universitarios -más de dos tercios perciben un desajuste entre la oferta de graduados y la demanda de conocimientos y capacidades del mercado de trabajo-; también se manifiesta en la opinión de las empresas que demandan, cada vez más, unas capacidades que no proporcionan las universidades.

Entre la cooperación empresas-universidades, cabe destacar el caso de diseños conjuntos de cursos de FCP, aunque esta cooperación aun no sea frecuente. Es el caso, por ejemplo, del Máster en Gestión de Proyectos Logísticos SAP que se imparte en la Universidad Rey Juan Carlos, cuyo objetivo es incorporar a egresados de Grados universitarios en el mercado laboral de consultoría en gestión, potenciando su desarrollo profesional con la adquisición de conocimientos específicos en Gestión de Proyectos, Diseño de Procesos e Implantación de Sistemas de Información basados en SAP.

Además de las colaboraciones entre empresas y universidades, determinadas empresas cuya finalidad principal no es la formación, se introducen en el campo de la FCP. Por ejemplo, Google ofrece tres programas de formación totalmente online -analítica de datos, gestión de proyectos y diseño de experiencia de usuario- con una duración de 6 meses y una dedicación de cinco horas semanales. Google otorga, a las personas que los realizan, un certificado profesional equivalente, para Google, a un grado de 4 años. En estos cursos de Google ya se han matriculado 250.000 alumnos en menos de tres años.

3.1.3 La formación en el trabajo facilitada por las empresas

Las empresas españolas que proporcionaron en 2020 formación a sus empleados fueron el 72,6%, formando a un total de 3,9 millones de trabajadores (1,9 millones pertenecen a empresas grandes de más de 500 trabajadores, 0,9 a empresas pequeñas de hasta 50 trabajadores y el resto a empresas medianas). De media, el número de horas de formación por participante, al año, fue de 13,8. Atendiendo al tipo de trabajadores formados, los de formación media o superior fueron la mayoría -específicamente, el 80,7%. El tipo de acciones formativas fueron presenciales en un 58,1% y tele-formación en un 40,6%. En la actualidad, las empresas españolas tienen como prioridad formar a sus empleados en las tecnologías digitales necesarias para ellas porque, a pesar de todos los esfuerzos de formación realizados hasta ahora, para 2023 las empresas españolas esperan encontrar dificultades para contratar personas con conocimientos en Big Data, Marketing Di-

gital, Inteligencia Artificial y Blockchain, tanto a nivel universitario, como a nivel de FP.

3.1.4 Programas de formación específicos para desempleados

Actualmente, el gobierno español tiene planes para la formación de desempleados dentro de sus planes de FP, como es el caso del *Plan Estratégico de la Formación Profesional del Sistema Educativo 2019-2022* y el *Plan para la formación profesional, el crecimiento y social y la empleabilidad*; por otra parte, las Comunidades Autónomas, Ayuntamientos e instituciones privadas son las encargadas de proveer este tipo de formación. La aplicación de los programas de formación específicos para desempleados se puede medir por el porcentaje de desempleados que recibieron acciones formativas para el empleo, este dato en 2019 fue del 5,2%.

3.2 COMPARACIÓN DE LA FORMACIÓN PROFESIONAL CONTINUA DE ESPAÑA CON LA DE OTROS PAÍSES DE LA UE

A continuación, se realiza una comparativa entre España y la Unión Europea en lo que a políticas y gobernanza se refiere.

3.2.1 Políticas

Se pueden encontrar, entre los países de la UE, cuatro modelos de políticas para la FPC: liberal, centralizado, participativo y coordinado. En el modelo liberal, se asume que los proveedores de formación son capaces de responder a las necesidades de las empresas y, por lo tanto, son los que diseñan los programas de formación, siendo responsabilidad de la Administración Pública el aseguramiento de la calidad de la FPC mediante agencias externas, así como establecer las reglas de validación de sus programas de formación. En el *modelo centralizado,* la Administración Pública determina los contenidos de los programas de la FPC y los cofinancia con sus fondos. La interacción de la Administración Pública con los interlocutores sociales no está organizada y su relación con las empresas es informal, mediante foros y conferencias. Los proveedores trabajan con un marco relativamente establecido. En el *modelo participativo*, como en modelo centralizado, la Administración Pública se responsabiliza del plan de estudios y de los exámenes, pero se formalizan las consultas con las empresas e interlocutores sociales. En el *modelo coordinado,* los interlocutores sociales toman la iniciativa para renovar los programas de formación de la FPC.

Por su parte, en España hay políticas de la FPC que son centralizadas por la Administración Pública estatal o autonómica: la definición de los programas de FP, la autorización de los centros de FP, la aprobación de los programas de FCP de las universidades, la cofinanciación de parte de la formación en el trabajo facilitado por las empresas y la gestión de la formación específica para desempleados. También hay políticas participativas como las políticas futuras de la FP, tal como se plantean en el *Plan Estratégico de la Formación Profesional del Sistema Educativo 2019-2022* y en el *Plan para de la formación profesional, el crecimiento económico y social y la empleabilidad.* Por su parte, la programación de los cursos de la formación específica para desempleados es una política coordinada. Finalmente, hay políticas liberales, como la definición de los programas de la formación en el trabajo facilitado por las empresas y la FCP facilitada por instituciones no universitarias.

3.2.2 Gobernanza

En la UE hay tres tipos de gobernanza para la FPC. Una de ellas es la liderada por las empresas sin regulación por la Administración Pública, siendo las empresas las que tienen la responsabilidad total en la definición de los programas de formación. Otra de ellas se caracteriza por un liderazgo desde arriba en sentido descendente donde la responsabilidad es de la Administración Pública, aunque ésta pueda delegar parte de sus responsabilidades a las empresas. Por último, también existe una gobernanza basada en un liderazgo corporativista donde las empresas y los sindicatos comparten la responsabilidad principal mediante acuerdos colectivos y propuestas legislativas.

La gobernanza en España de la FPC participa de los tres tipos de gobernanza europeos. En concreto, la gobernanza liderada por las empresas se da en la formación en el trabajo facilitada por las empresas, aunque la financiación parcial de esta formación está regulada por la administración pública. También la gobernanza liderada desde de arriba en sentido descendente ocurre en la FP y en los programas específicos para desempleados. Finalmente, la

gobernanza corporativista se da en algunos planes sectoriales de FPC suscritos por la patronal y los sindicatos.

3.3 RETOS DE LA FPC EN ESPAÑA: ALGUNAS PROPUESTAS

3.3.1 Potenciar la FPC

Los beneficios de la FPC son para las personas, incrementando su empleabilidad, desarrollo profesional y satisfacción de vida; para la sociedad, fomentando un crecimiento económico inclusivo, cohesión social, su competitividad y su capital social; y para las empresas, dando respuesta a los requerimientos de los cambios tecnológicos y socioeconómicos. Por su parte el BdE, en su último informe anual, indica la necesidad de Incrementar el capital humano, así como replantear el sistema educativo y la FPC.

> *Los beneficios de la FPC son para las personas, incrementando su empleabilidad, desarrollo profesional y satisfacción de vida...*

Para atender este reto, sería conveniente aumentar el porcentaje previsto, el 10,4%, de los recursos del Plan de recuperación, transformación y resiliencia -del gobierno de abril 2021-, a su palanca "Educación y conocimiento, formación continua y desarrollo de capacidades", destinando una parte relevante del porcentaje resultante a financiar los proyectos de FPC.

3.3.2 Atender las necesidades de las empresas

Se pueden definir tipos de trabajadores que presentarán desafíos a las empresas, los más importantes: trabajadores de alta tecnología, profesionales de TIC, profesionales muy especializados, trabajadores que se enfrentan a tareas impredecibles. Por su parte, las empresas españolas definen como prioridad formar a sus empleados en las tecnologías digitales necesarias para ellas porque, a pesar de todos los esfuerzos de formación realizados hasta ahora, para 2023 las empresas españolas esperan encontrar dificultades para contratar personas con conocimientos en Big Data, Marketing Digital, Inteligencia Artificial y Blockchain, tanto a nivel universitario como a nivel de FP.

Para atender este reto, sería necesario mejorar y actualizar, con la opinión de las empresas, la definición de las "Familias Profesionales" de la FP y los programas universitarios; las empresas deberían participar permanentemente en el foro donde se debatan los programas educativos.

3.3.3 Fomentar la relación de las empresas con las universidades

Más de dos tercios de los egresados españoles perciben un desajuste entre la oferta de titulados y la demanda de conocimientos y capacidades del mercado de trabajo. También las empresas españolas demandan, cada vez más, unas capacidades que, en su opinión, no proporcionan las universidades. La cooperación de la mayoría de las empresas españolas con universidades se circunscribe a las prácticas remuneradas a estudiantes de últimos cursos de carrera y a la cooperación en I+D. En otras áreas, la cooperación de empresas españolas con universidades es pequeña: el número de empresas que tienen algún directivo en Consejos Universitarios es del 20%, similar al número de académicos en Consejos de Administración. Pero, en el futuro, la mayoría de las empresas españolas se muestran dispuestas a colaborar en la definición de los perfiles necesarios y a definir sus competencias para que las universidades diseñen programas y cursos en relación con sus necesidades. No obstante, la mayoría de las empresas no prevén involucrarse en el diseño de programas y cursos universitarios.

Para atender este reto sería conveniente fomentar la participación de las empresas en los consejos universitarios, tanto de universidades públicas como privadas.

3.3.4 Mejorar la gobernanza de la FPC por la Administración Pública

La gestión de la FPC por la Administración Pública Central está repartida en 4 ministerios -Asuntos Económicos y Transformación Digital, Educación y Forma-

ción Profesional, Universidades, Trabajo y Economía Social-, pero hay muchas competencias transferidas a las Comunidades Autónomas. No existe la colaboración vertical y horizontal entre empresas, responsables políticos, proveedores de FPC, e interlocutores sociales; y tampoco las estrategias integrativas para que la FPC sea parte de otras políticas como el mercado laboral, innovación, y emigración.

Para atender este reto sería necesario constituir un órgano administrativo, integrando los ministerios del Estado involucrados en la FPC y las respectivas consejerías de las Comunidades Autónomas con interlocutores sociales, para definir las políticas que afecten a la FPC.

4. Conclusiones y recomendaciones

La llamada revolución digital o cuarta revolución industrial no es un hecho futurible, sino una realidad en la que ya estamos inmersos. El futuro de la industria y la economía españolas dependen del éxito de la adaptación de regulaciones, empresas y trabajadores a los nuevos paradigmas que la economía digital plantea, entre los que destaca la necesidad de redefinir los modelos actuales para afrontar el desafío en innovación que las nuevas tecnologías han traído a todos los sectores. Esto incluye no sólo el uso de dichas tecnologías, sino también la adaptación de las estructuras de las organizaciones, la redefinición de los procesos de negocio, y la actualización de los perfiles y roles de los empleados. Frente a lo ocurrido con las anteriores revoluciones industriales, la innovación digital se caracteriza por su ritmo acelerado, dificultad de predicción y control, y accesibilidad gracias a los costes rápidamente decrecientes de acceso a la tecnología – todo ello permite el surgimiento de nuevos productos, mercados y competidores en tiempo récord, y exige por parte de las empresas una gran flexibilidad, capacidad de reacción y conocimiento de los últimos desarrollos para mantener su posición competitiva.

En esta situación, es previsible que el rol de los puestos intermedios será el que experimente cambios más significativos, requiriendo un mayor nivel de cualificación, con nuevas habilidades específicas orientadas a cubrir las necesidades de los nuevos modelos productivos, y una formación continuada que les permita mantener dichas habilidades actualizadas ante las demandas cambiantes de su puesto o sector industrial. Los profesionales con este nivel constituyen el grupo de mayor demanda por parte de las empresas, por lo que resulta clave atraer capital humano con talento a este tipo de formación, garantizando un acceso futuro adecuado a otros niveles educativos si así lo deciden.

Las empresas que compiten en la nueva industria 4.0 van inevitablemente por delante de las instituciones educativas a la hora de identificar las nuevas necesidades de formación de los trabajadores; de ahí que su involucración en la definición del currículum e incluso directamente en los procesos de formación sea imprescindible. La cercanía entre empresa, universidad y formación profesional debe ser un objetivo clave de las nuevas políticas educativas. Con frecuencia, las iniciativas de colaboración entre empresas e instituciones educativas resultan más ágil y eficaz en el caso de instituciones privadas que de instituciones públicas; sin embargo, sin la participación de las últimas es improbable que el esfuerzo realizado sea suficiente para conseguir mejoras significativas. Para ello es necesario que la gobernanza de las instituciones educativas públicas se racionalice y agilice a través de un órgano que coordine a las distintas administraciones involucradas y establezca políticas eficaces y eficientes de colaboración.

Referencias

- I-Scoop. Industria 4.0: la cuarta revolución industrial - guía de Industrie 4.0. https://www.i-scoop.eu/industry-4-0/
- Past, present and future of Industry 4.0 - a systematic literature review and research agenda proposal. Yongxin Liao, Fernando Deschamps, Eduardo de Freitas Rocha Loures and Luiz Felipe Pierin Ramos. International Journal of Production Research. 2017
- Collaborative manufacturing based on cloud, and on other i4.0 oriented principles and technologies: a systematic literature review and reflections. Maria L.R. Varela, Goran D. Putnik, Vijay K. Manupati, Gadhamsetty Rajyalakshmi, Justyna Trojanowska, José Machado. Management and Production Engineering Review. Volume 9- 3. 2018. pp. 90–99.
- Trabajo inteligente: la transformación del mercado laboral debido a la cuarta revolución industrial (I4.0). Birgit Eberhard, Mickael Podio, Azucena Pérez Alonso, Evita Radovica, Lidija Avotina, Liga Peiseniece, María Caamaño Sendón, Alison Gonzales Lozano, Joan Solé Pla. Revista Internacional de Investigación Aplicada de Ciencias Económicas y Empresariales (IJBESAR). 2017-3. pp47-66.
- [Arenas 2019]. La formación de profesionales ante la industria 4.0. https://www.icai.es/articulo-revista/la-formacion-de-profesionales-ante-la-industria-4-0/
- [Arenas 2021]. Los profesionales de niveles intermedios (FP), clave para nuestro desarrollo inmediato y futuro. https://www.icai.es/articulo-revista/los-profesionales-de-niveles-intermedios-fp-clave-para-nuestro-desarrollo-inmediato-y-futuro/
- [CNED14] Clasificación Nacional de Educación 2014 (CNED-2014) Introducción y aspectos generales. INE 2016. https://www.ine.es/daco/daco42/clasificaciones/cned14/CNED2014_capitulo0.pdf
- [Datosycifras20-21]. Datos y cifras. Curso escolar 2020/2021. Ministerio de Educación y Formación Profesional. 2020.NIPO (pdf): 847-19-065-6. https://www.educacionyfp.gob.es/dam/jcr:89c1ad58-80d8-4d8d-94d7-a7bace3683cb/datosycifras2021esp.pdf
- [ESTRATEGIA2050]. España 2050, Fundamentos y propuestas para una Estrategia nacional a largo plazo. Ministerio de Presidencia. ISBN 978-84-7471-150-9. https://www.lamoncloa.gob.es/presidente/actividades/Documents/2021/200521-Estrategia_Espana_2050.pdf .
- [JJIMENEZ] Una nueva formación profesional. El Periódico de Aragón_17/06/2021. https://www.elperiodicodearagon.com/opinion/2021/06/17/nueva-formacion-profesional-53657499.html
- [LOFP2021] Anteproyecto Ley Orgánica de Ordenación e Integración de la Formación Profesional. https://www.educacionyfp.gob.es/dam/jcr:70853d4b-db9c-4533-a22a-ece434561786/texto-lo-fp.pdf
- [PLANRTR] Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia. Gobierno de España. https://www.lamoncloa.gob.es/temas/fondos-recuperacion/Documents/30042021-Plan_Recuperacion_%20Transformacion_%20Resiliencia.pdf

Mesa 3

Paloma Sevilla / Moderadora

Paloma Sevilla es Ingeniero Industrial de ICAI, especialidad Electrónica, Suficiencia Investigadora por la Universidad Politécnica de Madrid, PDD por IESE y por la GE University, Programa Promociona por ESADE y W2W de PwC.

Profesional con más de veinte años de experiencia, ha ocupado puestos directivos y ejecutivos en Siemens, Alstom y General Electric, entre ellos directora Comercial de Transporte Ferroviario y directora Comercial y de Marketing de Energía, ambos con responsabilidad nacional y ejecutivo de cuentas con responsabilidad internacional. Ha sido consejera de filiales nacionales y liderado en Iberia la Women Network de GE.

Actualmente es directora general de aelēc, la Asociación de Empresas de Energía Eléctrica.

Mesa 3 / Ponencia 1

EL PAPEL Y LOS RETOS DE LA REGULACIÓN

Manuel García Hernández. *Director general de política energética y minas. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.*

1. Introducción

La transición ecológica, entendida como el proceso de descarbonización de la economía mundial, ha sufrido un cambio de enfoque determinante para su éxito en la última década.

Además de ser una necesidad desde el plano ético, lo que implica evitar o, al menos, mitigar los efectos del cambio climático para las generaciones futuras, se ha convertido en una oportunidad económica, gracias a la mejora competitiva de las tecnologías no emisoras y las oportunidades de negocio asociadas al proceso.

El momento actual es diferente y todo hace pensar que la descarbonización de la economía global es ya un proceso irreversible. Y ello, debido a que, por primera vez, existe simultáneamente el suficiente consenso social, político, económico, empresarial y científico en cuanto a la necesidad y oportunidad de actuar contra el cambio climático.

Según el último Global Risk Report, correspondiente al año 2021, publicado por el World Economic Forum[1], un tercio de los riesgos globales de mayor relevancia (en términos de probabilidad de ocurrencia y

[1] The Global Risk Report (2021) World Economic Forum: https://www.weforum.org/reports/the-global-risks-report-2021

severidad del impacto en caso de materialización) tienen naturaleza ambiental: fallo en la acción climática, crisis de recursos naturales, pérdida de biodiversidad, fenómenos climáticos extremos o daño ambiental de origen humano.

> *...un tercio de los riesgos globales de mayor relevancia tienen naturaleza ambiental...*

Por su parte, gracias a la reducción de costes de las tecnologías renovables, en muchos ámbitos energéticos éstas son ya más competitivas que las alternativas de origen fósil, o lo serán en los próximos años.

Así, el coste medio de la energía eléctrica (LCOE) de tecnología fotovoltaica a nivel global ha caído cerca de un 85% entre 2010 y 2019, y el de la eólica terrestre un 40% en el mismo período.[2]

En definitiva, gracias al desarrollo tecnológico derivado del esfuerzo inversor en I+D+i, las señales económicas acompañan a la voluntad política de acometer las profundas trasformaciones sociales, industriales y productivas que requiere la transición ecológica.

A su vez debido a que cerca del 80 por ciento de las emisiones de gases de efecto invernadero provienen de los usos energéticos,[3] descarbonizar es cuasi-sinónimo de hacer una transición energética hacia un sistema energético 100% renovable.

Tal y como refleja el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021 -2030, la transición energética, bajo las hipótesis y escenarios contemplados en el Plan, va a generar efectos netos positivos no solo sobre las variables energéticas, ambientales o sanitarias (reducción de emisiones, mejora de la eficiencia energética o reducción de la dependencia energética, muertes prematuras por contaminación evitadas) sino también sobre la economía, movilizando en esta década más de 240.000 millones de euros, aumentando el PIB en unos 20.000 millones de euros anuales o creando unos 300.000 empleos al año. Además, desde un punto de vista distributivo, tendrá un efecto progresivo al favorecer proporcionalmente más a los hogares con menor renta.

España está en una posición de privilegio para acometer esta transformación, pues cuenta con los factores de competitividad que nos permiten liderar el proceso de descarbonización. Contamos con un recurso renovable abundante, mano de obra cualificada, cadena de valor industrial consolidada, mercados financieros sofisticados y un entorno regulatorio incentivador.

No obstante, pese a las referidas fortalezas y oportunidades, la transición energética también comporta importantes retos e incertidumbres de diversa índole.

En los siguientes apartados se analizarán dichos retos, con un enfoque específico sobre aquellos relativos a la regulación, describiendo finalmente los principales instrumentos regulatorios que se están poniendo en marcha en la actualidad con el objetivo de avanzar en la senda hacia una economía baja en carbono y 100% renovable.

2. Los factores para el éxito de la descarbonización.

La descarbonización de la economía y el proceso que se suele denominar transición ecológica o energética es un proceso transversal y cuyo análisis, en consecuencia, debe ser multifactorial.

El sector de la transformación y suministro de le energía es muy relevante en sí mismo, en términos de empleo, de actividad económica, de inversión en innovación. Sin embargo, la energía no es sino un input intermedio, quizás de los más esenciales, para otros sectores y actividades.

El sector energético no es finalista, siendo su fin el de servir a la sociedad mediante el suministro de una

[2] RENEWABLE POWER GENERATION COSTS IN 2020, IRENA: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2021/Jun/IRENA_Power_Generation_Costs_2020.pdf

[3] Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (GEI), Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico: https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei-/avance-gei-2020_tcm30-528804.pdf

energía asequible, competitiva, segura a la industria, para que con esa energía provea de bienes y servicios a la sociedad, y a los hogares y ciudadanos, para que tengan niveles de confort y utilidad adecuados.

Por tanto, cada vez que se produce una transformación como la actual en un sector tan transversal como el energético, los factores y las dimensiones a las que afecta son múltiples y complejos. Este es uno, quizás, el principal de los retos que representa la transición energética: es imprescindible un enfoque holístico si queremos que tener éxito en el proceso.

En aras de sistematizar el análisis, podemos agrupar los factores para el éxito de la descarbonización en 5 grandes bloques.

- **Factor tecnológico.** El factor tecnológico es, quizás, el más relevante (y no sólo porque esta ponencia sea para un Congreso de Ingeniería). En efecto, si en la actualidad de habla de la transición como una realidad irreversible, en gran parte es porque los tecnólogos, los ingenieros, han hecho su trabajo y han permitido que las tecnologías limpias hayan experimentado la mejora de competitividad relativa con relación a las tecnologías fósiles a que nos referíamos en la introducción. En el sector energético y en el eléctrico, en particular, parte del camino ya se ha realizado, especialmente en el caso español: en 2021, las tecnologías eólica, solar e hidráulica han supuesto casi el 50% de la energía total programada en el mercado, con la eólica como primera fuente de generación.

> *...en 2021, las tecnologías eólica, solar e hidráulica han supuesto casi el 50% de la energía total programada en el mercado...*

Lo anterior no significa que no quede aún mucho camino por recorrer y que no sigan existiendo factores tecnológicos pivótales para el éxito de la descarbonización. Así, es necesario encontrar soluciones tecnológicas para el despliegue del almacenamiento a gran escala a precios competitivos, así como para el desarrollo de vectores energéticos que permitan descarbonizar aquellos usos energéticos donde la electricidad, que es donde ya existen tecnológicas competitivas, todavía no nos dan una respuesta: movilidad pesada, tanto terrestre como marítima y aérea o calor de alta temperatura en la industria.

En relación con el almacenamiento, es necesario disponer de suficiente capacidad de almacenamiento estacional y diario para poder gestionar de manera segura y económica un sistema eléctrico casi 100% renovable (el PNIEC español prevé que las renovables supongan el 74% de la electricidad en 2030), ya que estas tecnologías son intermitentes y no gestionables. Al igual que ha ocurrido con la tecnología fotovoltaica, el almacenamiento químico a gran escala debe avanzar en su curva de aprendizaje, de manera que sus costes medios puedan competir con las tecnologías maduras en la provisión de servicios de firmeza, flexibilidad y energía en los mercados sin necesidad de importantes esfuerzos fiscales de apoyo.

En cuanto a la movilidad y los usos industriales de alta temperatura, los gases renovables, especialmente el Hidrógeno renovable, están llamados a ser esa pieza que permita cerrar el puzle de la descarbonización. Las soluciones tecnológicas ya existen, pero es necesario que se siga invirtiendo en su desarrollo para reducir el "gap" que aún presentan en términos de costes relativos frente a los combustibles fósiles a los que están llamados a desplazar.

- **Factor social.** Otro factor muy relevante, algo que se está pudiendo apreciar en los últimos meses con el debate tan vivo en relación con los altos precios de la energía, es el factor social.

El proceso de la transición energética no será exitoso si no cuenta con el respaldo de la sociedad, si los ciudadanos no se sienten implicados y si no tienen la convicción de que el resulto final neto es positivo para el conjunto de la sociedad.

En la actualidad los mercados energéticos están atravesando momentos de gran turbulencia, propios de los procesos de transición hacia un nuevo equilibrio. En estas circunstancias, aumenta la volatilidad y aparecen las tensiones típicas de la modificación del statu quo.

En toda transición, a su vez, aparecen ganadores y perdedores como consecuencia de los efectos redistributivos. Si bien el saldo neto será positivo, no hay heterogeneidad en los impactos, pues los beneficios y costes de la transición no afectarán por igual a los sectores económicos, los territorios o los deciles de renta de los hogares. Por este motivo, la dimensión de la justicia social cobra una especial relevancia.

Resulta fundamental integrar mecanismos de acompañamiento y redistribución y compensación a aquellos territorios que se puedan ver afectados negativamente por el abandono de actividades asociadas a los combustibles fósiles.

También cobra gran importancia la dimensión de la comunicación, saber explicar de manera clara y responsable cuáles son los retos, incertidumbres e impactos esperados. Y, en este punto, el diseño de las políticas públicas puede jugar un papel fundamental, en la medida en que pueda anticipar los beneficios de la transición de una manera responsable –evitando la tentación de realizar transferencias de renta intergeneracionales- pero haciendo posible que los ciudadanos puedan percibir dichos beneficios desde el principio.

Por último, no se puede obviar que la transición energética implica cambios culturales, pues modificará la manera en que nos relacionamos con la energía en el día a día (movilidad, trabajo, ocio…), lo que representa un factor social y un reto muy importante.

- **Factor político.** Vinculada con la dimensión social referida en el punto anterior se encuentra la dimensión política. La política modifica y se retroalimenta de la sociedad al mismo tiempo. En un proceso de cambio tan estructural como es el de la descarbonización, es imprescindible que la política energética y climática integre una visión de largo plazo, tenga estabilidad y cuente con un grado de consenso suficiente. En el ámbito nacional, pero también en los ámbitos supranacionales.

  La transición energética va a acarrear efectos geopolíticos muy relevantes, al modificar un equilibrio comercial y de transferencia de rentas entre estados asentado durante décadas. Ante este escenario, es muy importante que la Unión Europea actúe de una manera coordinada ante las turbulencias y volatilidad crecientes, lo cual no resultará fácil pues no todos los países parten de la misma situación, ni hay consenso en las formas y las velocidades para ir alcanzando cada uno de los objetivos, circunstancias que, si no se gestiona adecuadamente, pueden debilitar el proceso.

- **Factor empresarial.** El cuarto factor para el éxito de la transición energética es el empresarial. Una revolución industrial –la transición energética es, en última instancia, una nueva revolución industrial- solo es posible si cuenta con la implicación de la iniciativa privada, con el mundo empresarial.

> *…la transición energética es, en última instancia, una nueva revolución industrial…*

En este punto, se ha producido claramente un cambio de paradigma y la transición energética/descarbonización ya es un elemento esencial de la estrategia empresarial, por su sentido económico, pero también porque así lo demandan los accionistas e inversores. De una manera progresiva, el capital y la financiación se va canalizando casi en exclusiva hacia activos y actividades etiquetados como sostenibles, lo que pone de manifiesto que la "huella de carbono" ha dejado de ser un elemento secundario de la estrategia empresarial para convertirse en uno de los "drivers" principales de las decisiones de inversión.

Hablando del factor empresarial, la magnitud del reto de la transición requerirá también un refuerzo de la colaboración público - privada, del diálogo entre el sector público y el privado.

- **Factor regulatorio.** Por último, debemos mencionar el factor regulatorio, que se desarrollará en mayor detalle en el siguiente apartado de esta ponencia.

  La regulación, las políticas ("policies", en inglés), son la manifestación y concreción de la política ("politics"). Se tiende a sobre-estimar la importancia de la regulación, como si las leyes y reglamentos publicados en el Boletín Oficial de Estado tuvie-

ran, per se, la capacidad mágica de transformar la realidad de manera automática.

Más bien, en términos matemáticos, se puede afirmar que una buena regulación es una condición necesaria, pero no suficiente para la consecución de los objetivos de descarbonización.

El entorno regulatorio es crucial para dar a los agentes las señales adecuadas y dotar de estabilidad y predictibilidad a los inversores, ya que va ser necesario atraer una cantidad ingente de inversiones para integrar más renovables, electrificar la economía y permitir el desarrollo del almacenamiento y nuevos vectores energéticos.

3. Los retos regulatorios de la transición energética

Como se ha avanzado, sin una regulación adecuada no será posible alcanzar el éxito en la transición energética.

Sin embargo, regular en un momento de transformación como el que estamos viviendo no está exento de retos e incertidumbres, algunos de las cuales se abordarán en este apartado.

- El primer reto regulatorio tiene que ver con la necesidad de regular en un momento de **incertidumbre tecnológica**; si bien es cierto que algunas tecnologías ya parecen las triunfadoras en la carrera por la competitividad, también lo es que en algunos ámbitos aún no sabemos qué tecnologías o qué soluciones van a las ganadoras.

  En estas situaciones, desde el punto de vista de la regulación aparece el dilema entre la neutralidad tecnológica, manifestación del principio de eficiencia económica, y la posibilidad de escoger o primar ciertas tecnologías para materializar las oportunidades que representa ser el primero en moverse ("first mover" o adoptarlas ("early adopters").

  Si bien el principio de neutralidad tecnológica debe inspirar todo diseño regulatorio, entendido lo anterior como dejar competir a las distintas tecnologías entre sí para que reduzcan sus costes y, al final, venza y se establezca la que resulte más competitiva, en la práctica esta neutralidad tecnológica hay que abordarla con matices, por dos motivos. El primero, porque, como se ha avanzado, ser audaces y hacer apuestas tempranas por ciertas tecnologías también puede reportar ganancias en la forma de oportunidades industriales, de empleo, de cadena de valor que pueden justificar no apostar siempre y exclusivamente por un principio de neutralidad tecnológica inquebrantable y sin ningún tipo de matiz. En segundo lugar, porque no siempre resulta posible establecer un terreno de juego que permita la competencia justa entre tecnologías bajo un principio de neutralidad tecnológica pura, ya que muchas veces resulta necesario compararlas desde distintas dimensiones o utilidades para la sociedad, distintas o adicionales al coste del servicio principal que suministran. Un ejemplo de esto último son las tecnologías de generación eléctrica, donde es fácil de entender que no parece conveniente apostar exclusivamente por una única tecnología (por ejemplo, la que ofrezca una energía más barata), ya que el sistema eléctrico puede necesitar otros servicios (firmeza, flexibilidad, gestionabilidad, inercia, etc.) que sólo pueden ofrecer otras tecnologías, quizás con unos costes unitarios superiores.

  En un momento de incertidumbre tecnológica, regular es complejo ya que la regulación tiende a ser muy estática y muy rígida, lo que impide o dificulta a menudo la innovación. En este contexto, surgen nuevas figuras regulatorias, como los sandboxes o bancos de pruebas regulatorios, que son entornos regulatorios que permiten probar distintas tecnologías a escala real y comercial, sin necesidad de esperar a que estén plenamente contrastadas para acometer el cambio regulatorio completo.

- El segundo reto regulatorio tiene que ver con la decisión sobre el **modelo de regulación** que se debe adoptar cuando se desea cambiar los comportamientos de los agentes económicos.

  A este respecto, se puede elegir entre propuestas normativas "suaves" que buscan más los incentivos o generar los marcos adecuados que inviten a los agentes a tomar sus decisiones o, alternativamente, adoptar regulaciones "fuertes", basadas en el establecimiento de prohibiciones u obligaciones.

  Además de un debate clásico sobre la libertad individual y el paternalismo del regulador, en la adopción del modelo regulatorio también subyace un debate muy relevante sobre la eficacia. En

este sentido, aparentemente, prohibir ciertas conductas o establecer obligaciones parece un medio más eficaz para modificar comportamientos. Sin embargo, estas regulaciones "fuertes" también tienen sus contrapartidas, porque pueden generar rechazos sociales, ocasionar costes excesivos por un error en el establecimiento de los umbrales y, en definitiva, aparejar unos costes de implementación superiores a los beneficios esperados.

Como alternativa a las regulaciones fuertes, existen regulaciones más clásicas, como las basadas en los incentivos (la más típica, la fiscalidad) pero también otras más innovadoras que se basan en la economía conductual y que también pueden ser eficaces en determinados entornos y situaciones.

De la importancia del modelo regulatorio adoptado hemos aprendido mucho en los últimos años de experiencias en nuestros países vecinos, donde se han producido reacciones de rechazo social muy significativas y que han logrado revertir iniciativas regulatorias audaces como, por ejemplo, el "movimiento de los chalecos amarillos" en Francia.

- El tercer reto regulatorio consiste en regular en un entorno en el que ya no existe una competencia centralizada en un único ámbito de regulación, como consecuencia de un proceso de **descentralización de la competencia regulatoria**.

  En las últimas décadas, los órganos ejecutivos nacionales han ido cediendo soberanía y potestad regulatoria en el ámbito energético, tanto aguas arriba como aguas abajo. Así, en la actualidad existe una gobernanza de la energía y clima que emana globalmente desde Naciones Unidas, con los grandes acuerdos marco en materia de lucha contra el cambio climático, que se combinan en la Unión Europea con la normativa comunitaria del mercado interior de la energía, cuyo alcance es cada vez mayor y de la que se derivan numerosas normas que son de directa aplicación, en la forma de reglamentos comunitarios que ni siquiera hay que trasponer al ser directamente aplicables a los Estados miembros.

  Esa desconcentración vertical de las competencias regulatorias también se ha producido hacia abajo en el caso español, en la forma de la potestad normativa de las Comunidades Autónomas y las Entidades Locales. Por ejemplo, al hablar de movilidad, entra en juego el urbanismo de las ciudades, las zonas de bajas emisiones o la planificación y fomento de los distintos modos de transporte.

  Resulta imprescindible coordinar toda la regulación que emana de diferentes ámbitos competenciales, dándole coherencia y sentido, lo cual solo es posible mediante los adecuados mecanismos de coordinación y cooperación entre administraciones.

  También se ha producido una desconcentración horizontal de las competencias regulatorias, mediante la delegación de esta potestad directamente en organismos independientes de los Gobiernos, incluso en algunos casos de naturaleza privada. Ya no es sólo el Ministerio competente o la Comisión Europea los que diseñan las regulaciones: existen asociaciones de operadores del sistema, como los TSOs, que tienen la capacidad de iniciativa, lo que significa que hemos pasado de un modelo de regulación "top down" a un modelo "bottom up", en el que las propuestas regulatorias son elevadas por los propios sujetos que deberán ejecutarlas a los reguladores para su aprobación final.

  Especialmente significativa en el ámbito nacional ha sido la atribución de competencias regulatorias a la Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia operada por el Real Decreto-ley 1/2019, en aplicación de la Directiva de Mercado Interior de electricidad, de forma que el regulador independiente tiene ahora competencias propias exclusivas para regular muchos ámbitos como los peajes o las retribuciones de redes, pudiendo el Gobierno únicamente dictar unas orientaciones de política energética, que en ningún caso son vinculantes para el regulador.

  Por último, debido al carácter transversal de la energía, existe una desconcentración competencial sectorial, que hace necesaria la coordinación intersectorial, ya que la política energética también tiene parte de política medioambiental, de cambio climático, de política industrial o de política de transporte y movilidad.

- El cuarto reto regulatorio viene provocado por la necesidad de **regular simultáneamente lo macro y lo micro**. El sector energético, tal y como lo estamos viviendo con intensidad en los últimos tiempos, es cada vez más global e interconectado. Así,

observamos el "efecto mariposa" consistente en que, por ejemplo, un invierno especialmente frío en Asia provoque que los precios energéticos en la cuenca del Mediterráneo se disparen.

Los mercados energéticos son mercados globales en términos económicos, pero también en términos físicos. Un ejemplo es el sistema eléctrico europeo, que en realidad tiene una dimensión paneuropea de manera que una perturbación en la red eléctrica en los Balcanes se siente instantáneamente en un punto remoto del sur de la península ibérica.

Lo anterior es muy relevante desde el punto de vista del regulador, porque se trata de un sistema energético cada vez más desconcentrado, distribuido, bidireccional, en el que se debe abordar al mismo tiempo la regulación de las comunidades energéticas o los mercados de flexibilidad locales, teniendo en cuenta que se trata de un mercado y un sistema que son globales y en los que hay que asegurar el equilibrio generación demanda, el sincronismo y las señales de precios y flujos económicos adecuados.

- Y, por último, el quinto reto regulatorio viene provocado por los **costes e inercias de la transición.** En último término, todos los individuos y organizaciones estamos sujetos a ciertas inercias, sesgos y anclajes en el statu quo. También tenemos hipotecas o mochilas o, en términos económicos, costes hundidos que nos condicionan a la hora de tomar decisiones regulatorias o de inversión.

  Regular en un proceso de transición es complicado, pues se debe evitar caer en la "falacia del coste hundido", consistente en incorporar en la matriz de decisión los costes fijos derivados de decisiones del pasado que, sin embargo, no deben tenerse en cuenta en un análisis de costes / beneficios marginales, que son los que deben guiar las tomas de decisiones de manera óptima.

  En el sector eléctrico existen ejemplos muy ilustrativos de costes hundidos, como los costes fijos que financian los cargos de la factura eléctrica, provenientes del pasado y que dificultan la transición energética porque mitigan las señales de electrificación. Los costes hundidos hay que reconocer su existencia, no hay que negarlos, ni mucho menos decidir que no se van a pagar, pero hay que tenerlos en cuenta en el diseño de la regulación e intentar buscar también soluciones imaginativas para su adecuada gestión.

  Es el caso del Fondo Nacional de Sostenibilidad del Sistema Eléctrico, una propuesta reciente que lo que hace es que esos costes hundidos asociados a los costes fijos de las renovables del pasado que mitigan la señal de electrificación al encarecer el precio final de la electricidad, se redistribuyen entre todos los sectores energéticos para que las decisiones de consumo en inversión estén más alineadas con los objetivos de política energética.

4. La agenda regulatoria para la transición energética

Reconociendo la importancia de la regulación para el éxito de la transición energética, el Gobierno, a través del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, viene desplegando una intensa agenda regulatoria.

Sin ánimo de ser exhaustivos, a continuación, se citarán algunas de las iniciativas regulatorias más relevantes que se encuentran actualmente en tramitación, agrupadas en cinco bloques.

Empezando con en el ámbito de la **eficiencia energética**, que citamos en primer lugar siguiendo el principio de "energy efficency first" consagrado en la normativa comunitaria. La eficiencia energética es muy relevante, ya que la energía que no consumimos es la más barata y la más limpia.

La eficiencia energética debe ser entendida también como eficiencia económica y aquí destacan las líneas específicas de eficiencia energética incluidas en el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia, que se unen a las ya tradicionales financiadas con cargo al Fondo Nacional de Eficiencia Energética (FNEE).

> *La eficiencia energética debe ser entendida también como eficiencia económica...*

También estamos tramitando un instrumento innovador consistente en un sistema de certificados de ahorro (CAES), que permita mediante mecanismos de mercado acreditar el cumplimiento de las obligaciones de eficiencia energética, como alternativa a las aportaciones al FNEE.

El segundo eje de actuación es el **despliegue de renovables**, donde todavía existen algunas barreras para su pleno desarrollo. En la actualidad existen proyectos por unos 160 GW con acceso otorgado a la red y que se están tramitando, mientras que de acuerdo con el PNIEC "sólo" serán necesarios unos 60GW hasta 2030. Este exceso de proyectos, muchos inviables, especulativos o poco maduros, está generando confusión y rechazo social en muchos territorios, lo que obliga a un proceso de ordenación y racionalización.

Los permisos de acceso a la red que se otorguen a futuro se regirán por los nuevos concursos de acceso, que incorporarán estos elementos de compromiso con el territorio y priorizarán aquellos parques que tengan un menor impacto, estén más maduros u ofrezcan mayores retornos para las comunidades locales.

También vamos a seguir con las subastas de renovables, que son un instrumento muy importante para cumplir los objetivos del PNIEC y que, además, tienen un diseño que permite anticipar esos beneficios que suponen las renovables, reduciendo el coste medio del sistema eléctrico, el coste marginal, porque lo matiza después de la casación marginal del marcado en cada hora. También vamos a seguir fomentando los PPAs, la contratación a plazo, que es otro instrumento de cobertura en el mercado privado y que también permite hacer financiables muchos de estos proyectos renovables.

El tercer eje de actuación regulatorio tiene que ver con **el fomento de la electrificación**, destacando el ya comentado Fondo de Sostenibilidad del Sistema Eléctrico, que se encuentra en fase de tramitación en el Congreso como Proyecto de Ley. Estamos también trabajando en la planificación de la red de transporte para el siguiente periodo, hasta el año 2026 y hemos aprobado recientemente una nueva estructura de peajes y cargos, por la CNMC y el Ministerio, respectivamente, para dar señales para la electrificación.

También se han aprobado e impulsado distintas medidas normativas para permitir el despliegue de la infraestructura de recarga, especialmente la recarga rápida, que es la que combate la denominada "ansiedad de autonomía", que puede detraer decisiones de inversión en vehículos eléctricos. En este ámbito, está tramitándose un Real Decreto que regula el servicio de recarga eléctrica y una Orden Ministerial para integrar en el Geoportal el mapa de electrolineras con información fiable, que nos diga qué tipo de puntos son, qué potencia tienen, si están disponibles, qué precio tienen, etc.

El cuarto eje son los **nuevos vectores energéticos**, en particular los combustibles renovables, tanto los de origen no biológico, como el hidrógeno renovable producido mediante electrólisis, como los combustibles renovables de origen biológico como el biogás, o en su versión más sofisticada y depurada del biometano. Ahí tenemos la hoja de ruta de hidrógeno, el plan de recuperación con una componente especial, así como una hoja de ruta del biogás que vamos a aprobar en las próximas fechas.

Un último eje regulatorio está relacionado con las **materias primas** para la transición. En este punto, las sociedades avanzadas nos enfrentamos al reto de cómo gestionar la transición energética desde el punto de vista del aprovisionamiento de las materias primas que van a ser críticas para la transición. Se habla de que las tierras raras y otros minerales también más clásicos como el aluminio, el hierro, el cobre, el zinc, pero también el silicio o el litio, van a ser necesarios en grandes cantidades y tenemos que abordar el reto de una gestión sostenible.

En primer lugar, desde un punto de vista de seguridad de suministro de estas de materias primas y, en segundo lugar, para no caer en la hipocresía de deslocalizar su gestión y su explotación en terceros países que no tengan ningún tipo de estándar medioambiental, laboral, industrial, etc. En este ámbito, estamos elaborando una hoja de ruta para la gestión sostenible de las materias primas, que también pretendemos lanzar en los próximos meses.

5. Conclusiones

La transición energética es un proceso necesario e irreversible, que presenta numerosas oportunidades, pero no está exento de retos e incertidumbres.

Los factores para el éxito de la transición son múltiples y de diversa naturaleza: tecnológica, social, política, empresarial o regulatoria. Por ello, deben abordarse de manera holística y multidisciplinar.

La regulación desempeñará un papel pivotal en el proceso de descarbonización de la economía y se enfrenta a diversos retos, como regular bajo incertidumbre tecnológica, en un entorno de desconcentración de las competencias regulatorias o con la necesidad de regular un sistema energético más descentralizado y distribuido, pero con dimensión global.

Reconociendo la importancia de la regulación para el éxito de la transición energética, el Gobierno, a través del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, viene desplegando una intensa agenda regulatoria en los últimos 3 años, en los ámbitos de la eficiencia energética, el despliegue de renovables, la electrificación, el desarrollo de nuevos vectores energéticos como el hidrógeno renovable o la gestión sostenible de las materias primas.

Gracias a sus ventajas competitivas, España tiene ante sí la posibilidad de liderar la nueva revolución industrial asociada a la transición energética, lo que reportará indudables beneficios en términos de empleo, actividad económica y, en último término, un mejor planeta para las generaciones futuras.

> *Gracias a sus ventajas competitivas, España tiene ante sí la posibilidad de liderar la nueva revolución industrial asociada a la transición energética...*

Manuel García Hernández es ingeniero industrial del ICAI, especialidad Electricidad (2000) y tiene un máster in Public Administration por la Harvard Kennedy School of Government (2012), que cursó gracias a una beca Fulbright. Pertenece al Cuerpo de Ingenieros Industriales del Estado desde 2005.

En el sector privado, ha trabajado en empresas de ingeniería y consultoría y, ya en la administración, ha ocupado diversos puestos como consejero técnico, asesor y director del gabinete en la Secretaría de Estado de Energía, vicesecretario general técnico del Ministerio de Industria, Energía y Turismo, secretario general técnico del Ministerio de Energía, Turismo y Agenda Digital y subdirector general de Energía Eléctrica en el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.

También ha sido miembro del consejo de administración de varias entidades y empresas públicas, como IDAE, Cores, Ddi, Acuanor, Sepides o Enresa, así como miembro del patronato de la Escuela de Organización Industrial y del Foro de Marcas Renombradas.

Desde junio de 2020 es el director general de Política Energética y Minas en el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.

Mesa 3 / Ponencia 2

HACIA UN SISTEMA ENERGÉTICO SOSTENIBLE: EN EL SIGLO XXI YA NO ES NECESARIO EL FUEGO PARA CALENTARNOS

Agustín Delgado Martín. *Director de innovación. Iberdrola*

1. Introducción

La innovación ha sido siempre la herramienta básica para el progreso del ser humano. La humanidad no ha dejado de evolucionar en múltiples frentes, así, por ejemplo, hemos pasado de comunicarnos por señales de humo hasta hacerlo a través de internet, o hemos cambiado el uso de animales para transportarnos por el uso de vehículos eléctricos.

Sin embargo, en lo que se refiere a la forma en la que nos calentamos, cabe plantearse una pregunta sencilla ¿es aún necesario en el siglo XXI quemar algo para obtener energía? En otras palabras, ¿es necesario prender fuego a sustancias que contienen carbono?

Hasta el siglo XVI el hombre no tuvo que utilizar ningún tipo de combustible fósil para proveerse de energía. Teníamos el viento para mover los barcos o los molinos, teníamos los animales para realizar los trabajos pesados, teníamos el fuego producido con leña para calentarnos, para las fraguas, para cocinar.

En el siglo XVI tuvo lugar una crisis energética en Londres. El crecimiento demográfico supuso un incremento importante de la demanda de leña, y cada vez resultaba más difícil abastecer a toda la población. Y como siempre ocurre en la historia, tras una crisis, surge también una oportunidad. Apareció una nueva fuente de energía hasta entonces no usada: el carbón, un combustible fósil con una alta densidad energética.

Con este hecho, comenzaba una nueva era en la que el uso de combustibles fósiles (no renovables) dominaría el panorama energético mundial.

La nueva fuente de energía permitió nuevas aplicaciones gracias al desarrollo tecnológico. La máquina de Newcomen, concebida inicialmente para poder extraer el agua que inundaba las minas del propio carbón, pronto se convirtió en la máquina de vapor de Watt que comenzó a usarse en telares, trenes, barcos, etc.

Comenzaba la revolución industrial: energía y tecnología se alimentan continuamente en un ciclo que ha permitido al hombre alcanzar cuotas de desarrollo impresionantes.

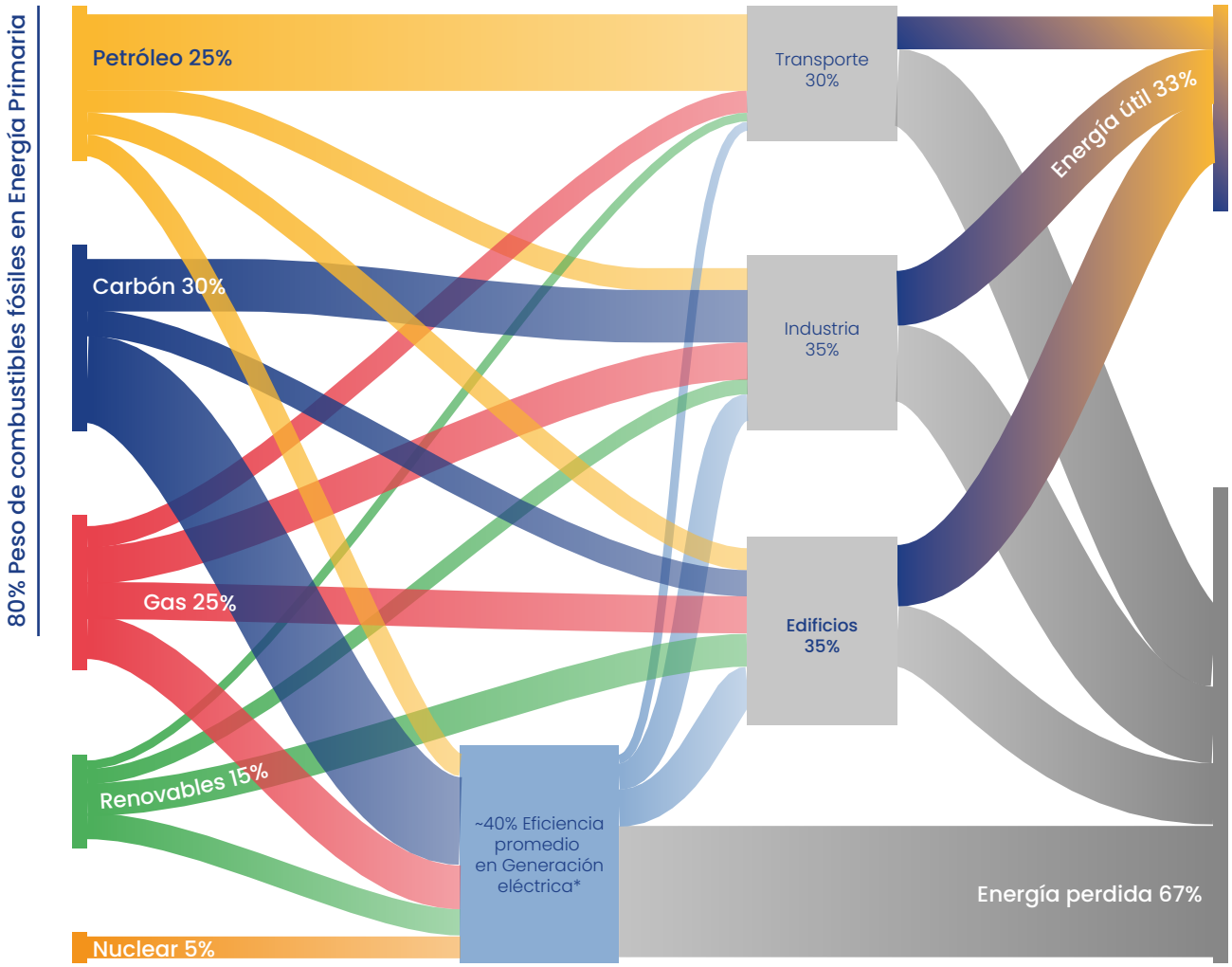
2. La sostenibilidad del sistema energético

Desde la revolución industrial la sociedad ha ido aumentando el consumo de combustibles fósiles: utilizado primero carbón y posteriormente el petróleo y el gas natural. La economía global está fundamentada en un sistema energético, y este sistema a su vez está basado en el uso de combustibles fósiles.

Y así, se ha llegado hasta el punto actual de una economía que depende en un 80% de combustibles fósiles. A pesar de que las energías renovables están creciendo de forma exponencial, en la actualidad solo una fracción pequeña, pero relevante, se basa en la electricidad.

El actual modelo energético es además muy poco eficiente, puesto que el 35% de la energía primaria se pierde en los procesos de transformación antes de llegar al consumidor final, principalmente en forma de calor. El consumo de combustibles fósiles por el propio usuario final conlleva pérdidas adicionales que no están reflejadas en el cómputo de lo que habitualmente se denomina energía "final", por ejemplo, las pérdidas energéticas en los vehículos, industrias y edificios. Por tanto, el porcentaje de "Energía útil", descontando toda la energía perdida en cada una de las transformaciones, alcanza únicamente el 33% de la energía primaria.

Gráfico 1. Modelo energético actual: basado en combustibles fósiles y con un alto porcentaje de Energía Primaria desaprovechada.



* **Eficiencia Generación Eléctrica:** Carbón: ~35% Renovables: ~100% Gas: ~50% Redes: ~90% Nuclear y biomasa: ~35%

Fuente: IEA, Lawrence Livermore Natinal Laboratory y elaboración propia

Este modelo energético que se estableció en la revolución industrial se encuentra actualmente en crisis, en una crisis global. La razón de esta crisis se debe al hecho de que el modelo no es sostenible, y no lo es debido a tres causas:

- La primera es la competitividad. Para que un sistema energético sea sostenible, debe ser competitivo. Si bien es cierto que los combustibles fósiles cuando son abundantes son muy competitivos, históricamente ha habido épocas en las que ha habido escasez, resultando en volatilidad y fuertes incrementos de precios. Y con una economía basada en combustibles fósiles, esos precios elevados han dado lugar a graves crisis económicas. Sin duda, este aspecto de la competitividad no podría ser hoy de mayor actualidad teniendo en cuenta la crisis global de suministro de gas natural en la que nos encontramos, con precios nunca vistos y con dramáticas consecuencias económicas.
- El segundo aspecto es la seguridad de suministro. La seguridad y calidad en el suministro son esenciales para nuestra economía. Hemos vivido momentos tensos con los combustibles fósiles con crisis del petróleo que todos podemos recordar en el siglo pasado.
- El tercer elemento y el más importante tiene que ver con el **impacto ambiental**. El sistema energético actual tiene numerosos impactos ambientales: lluvia ácida, reducción de la capa de ozono, niebla química, liberación de partículas ionizantes, etc. con efectos diversos en los ecosistemas. Muchos de ellos han sido abordados con éxito en el pasado: tales como la reducción de emisiones de SOx y NOx que han conducido a un descenso notable de los episodios de lluvia ácida. Sin embargo, la modificación de la temperatura de la tierra y su efecto en el clima, debido a la liberación a la atmósfera de enormes cantidades de gases de efecto invernadero, principalmente CO2, es en la actualidad el gran reto ambiental al que nuestro sistema energético del futuro debe dar respuesta. El mundo se encuentra hoy en una crisis ambiental, en una crisis climática provocada en gran parte por las emisiones de carbono que estos combustibles fósiles expulsan a la atmosfera.

Así pues, el principal reto no es únicamente la transición hacia un sistema energético **sostenible medioambientalmente** que permita reducir de forma drástica las emisiones de gases de efecto invernadero, sino que dicha transición se produzca manteniendo la actual **seguridad y calidad** de suministro a la vez que se asegure su **competitividad**: es necesaria energía limpia, más barata y de calidad.

3. Recursos

La siguiente pregunta que debemos realizarnos es si disponemos de suficientes recursos energéticos que sean sostenibles para suministrar al planeta. Y la respuesta es que sí; contamos con suficientes fuentes renovables para cubrir la demanda energética mundial.

Cada hora llega a la tierra suficiente energía solar para alimentar el planeta durante un año. Si utilizáramos un 1% de la superficie del Sáhara podríamos alimentar las necesidades energéticas de la población.

> *Cada hora llega a la tierra suficiente energía solar para alimentar el planeta durante un año.*

Por lo tanto, el planeta cuenta con suficientes recursos energéticos en forma de radiación solar o en forma de radiación solar convertida en viento, en calor, en mareas, en olas.

Las energías renovables parecen la solución evidente al problema medioambiental del sistema energético actual, asimismo estas tres fuentes principales: sol, viento y agua, están distribuidas por todo el planeta lo que asegura su suministro.

Y contando con esta enorme cantidad de radiación solar, con tanta energía renovable, cabe preguntarse si es posible hacer uso de ella. Y de nuevo, la respuesta es afirmativa, pues disponemos ya hoy de tecnología para aprovechar ese recurso renovable y utilizarlo en nuestro propio beneficio.

Durante las crisis del petróleo del siglo pasado empezaron varios programas de energías renovables

para intentar capturar la energía de las olas, la energía de las mareas, la energía del Sol, la energía del viento en el mar, en tierra y la energía geotérmica.

De esos programas que se desarrollaron en el siglo XX ha habido dos tecnologías que han tenido un éxito relevante y que hoy en día se utilizan a nivel mundial y a gran escala: la energía solar fotovoltaica y la energía eólica.

3.1 LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

El efecto fotoeléctrico fue descubierto por Heinrich Hertz en 1887 y explicado de forma teórica por Einstein en un artículo en 1905 lo que en última instancia le valió el premio nobel. Y desde entonces la energía solar fotovoltaica ha ido desarrollándose.

Los avances en la industria electrónica y el mayor conocimiento del comportamiento de los materiales semiconductores han permitido el desarrollo de células fotovoltaicas cada vez más baratas. A medida que los costes se reducían, las aplicaciones de la energía de origen fotovoltaico se han ido ampliando desde su uso para la industria espacial hasta la generación de electricidad en sistemas aislados para por último ser considerada una opción competitiva de generación de energía eléctrica a gran escala.

Solamente en los últimos 10 años la energía solar fotovoltaica **ha bajado su coste un 80%**, y más importante aún, seguirá bajando en los próximos años. De esta forma, hoy en día en España, en Portugal y en otros muchos países **la energía solar fotovoltaica es la fuente de energía eléctrica más barata que conocemos**.

En esta década esta tendencia se va a acelerar con un despliegue masivo a nivel mundial. De ser una fuente casi inexistente en el año 2000, pasó a final de 2020 a contar con 760 GW instalados a nivel mundial, y se estima que a 2030 la capacidad fotovoltaica ascenderá a más de 2.400 GW. Esto significa que a final de esta década la fotovoltaica se podría convertir en la primera tecnología de generación eléctrica por capacidad instalada.

3.2 LA ENERGÍA EÓLICA

Por lo que respecta a la energía eólica, también se ha ido desarrollando a lo largo de los años y ha experimentado una reducción de costes de un 60% en la última década.

Esta bajada del coste ha sido posible gracias al desarrollo de una industria que ha conseguido economías de escala a través de un volumen creciente, apoyados por la tecnología que ha permitido máquinas más eficientes gracias al aumento tanto de la potencia, como de los tamaños de los rotores. La explotación de los emplazamientos más ventajosos en determinados países impulsó a la industria a buscar en el mar nuevos proyectos, con el consecuente desarrollo de la energía eólica marina. A su vez, la búsqueda de nuevos emplazamientos en aquellos mares que no disponen de una profundidad adecuada para la instalación de estructuras marinas fijas está dando lugar al desarrollo de la energía eólica flotante, que podría ser competitiva en los próximos años abriendo así nuevos mercados. Conviene resaltar que más del 70% del recurso eólico se encuentra en el mar.

Así, a final de 2020 la energía eólica contaba con más de 700 GW de capacidad y se espera que a 2030 ascienda a 1.800 GW. Si bien este nivel de potencia es inferior al esperado para la fotovoltaica, teniendo en cuenta el mayor factor de capacidad de la eólica, en términos de energía la eólica suministraría una cantidad superior a 2030.

Esta evolución ha permitido que hoy en día en España, Portugal y otros países la energía eólica sea la segunda fuente de energía eléctrica más barata. Sin embargo, conviene señalar que no sólo es relevante el precio de la electricidad, sino cuándo ésta se produce. Y así, **cuando no se cuenta con radiación solar, la energía eólica es la fuente de energía eléctrica más barata que conocemos.**

De hecho, la combinación de ambas tecnologías, solar y eólica produce un binomio que proporciona una seguridad de suministro muy importante en la mayor parte de las horas del año. Se trata de tecnologías que son complementarias en la mayor parte del tiempo, pues producen electricidad en diferentes momentos del día y del año. Y si estas dos energías se complementan con energía hidráulica en las geografías que cuenten con ese recurso, se dispone de un trinomio de energías renovables con las que poder cubrir la gran mayoría de la demanda.

Contamos con suficientes recursos renovables y disponemos ya hoy de las tecnologías para transformar ese recurso renovable principalmente en elec-

tricidad. La hoja de ruta para la descarbonización del suministro eléctrico a través de las renovables es por tanto clara.

4. Usos energéticos

Hasta ahora hemos hablado de las posibilidades de que dispone la humanidad para suministrarse de energía en un futuro, sin embargo, tan relevante o más que el suministro es el uso que se le dé a la misma.

Es necesario analizar cómo se utiliza la energía, esa economía basada en un 80% en el uso de recursos fósiles que quemamos diariamente en nuestros coches, en nuestro transporte y en nuestros hogares.

En la actualidad los productos energéticos listos para usar por los consumidores (los llamados vectores energéticos) son principalmente los derivados del petróleo, el gas natural y la electricidad.

Para descarbonizar el sistema energético actual es necesaria una rápida evolución hacia usos energéticos más eficientes y provenientes de energías sin emisiones. En este nuevo contexto, la electricidad tiene un papel esencial, ya que es un vector eficiente y para el que existe tecnología disponible para su descarbonización. En cuanto a su consumo, la electricidad puede ser transformada en cualquier tipo de energía necesaria para el hombre: calor, movimiento, luz, etc. sin producir ningún tipo de contaminación local y, una vez construida la infraestructura, con un transporte inmediato desde los centros de producción hasta el consumidor.

¿Podemos cambiar los usos energéticos que nosotros tenemos a esa electricidad renovable, que se puede producir con los recursos del sol, el agua y el viento?

4.1 ELECTRIFICACIÓN DEL TRANSPORTE: EL VEHÍCULO ELÉCTRICO

Por lo que respecta a la electrificación del transporte, conviene destacar **el coche eléctrico**. De ser una mera curiosidad tecnológica hace solo unos años, se ha convertido hoy en una realidad en las carreteras. Las innovaciones en baterías de litio-ion, que en una década han duplicado su densidad energética a la vez que reducían su coste en más de un 90%, están detrás de esta revolución en el transporte. Sin duda, merecido el máximo reconocimiento a los creadores de estas baterías de litio con ese premio Nobel en 2019.

España cuenta hoy con más de 140.000 vehículos eléctricos, y en el mundo circulan ya 14 millones de vehículos eléctricos. Y esto es solo el inicio, el crecimiento en los próximos años va a ser exponencial debido a una serie de factores.

El primero es la **autonomía**, los vehículos eléctricos de hoy tienen **entre 400 y 500 kilómetros**, que son suficientes para la mayor parte de los usos.

El segundo es el **número de modelos disponibles. La mayor parte de** los anuncios publicitarios de marcas de coches son ya sobre vehículos eléctricos puros o vehículos híbridos enchufables. Y en las ferias automovilísticas apenas es posible ver ya ningún modelo de combustión interna.

El tercero es la **infraestructura** de recarga, que ya se está desplegando en muchos países y que va a permitir a los usuarios de los coches eléctricos cargar cuando lo necesiten.

Y el cuarto y casi el más importante es la **competitividad**, el coste del vehículo eléctrico. Distintas proyecciones sitúan en el **2025** el año en el que el coste total de tener un coche eléctrico será inferior al de uno de combustión interna. En dicha fecha, por tanto, el coste del coche más el de la electricidad que consume será más barato que el del coche de combustión más el del combustible. Y ya en el horizonte de **2027-2028 el coste inicial de comprar un coche eléctrico será inferior al de uno de combustión interna,** momento a partir del cual el crecimiento del vehículo eléctrico será imparable.

En 2030 se estima que habrá más de **130 millones de vehículos eléctricos** circulando por el mundo, y de ahí hasta el 2050 casi toda la flota será eléctrica. Por tanto, la movilidad por carretera será eléctrica y usará fuentes de energía renovable. Conviene destacar también que la eficiencia del vehículo eléctrico es cuatro veces mayor que la del de combustión interna, por lo que no solo se descarbonizará el transporte, sino que además se hará de una manera mucho más eficiente.

4.2 ELECTRIFICACIÓN DEL CALOR: LA BOMBA DE CALOR

Una parte del consumo energético de nuestras sociedades **es el calor.** En concreto, en la Unión Europea el 50% de la demanda de energía se destina a producir calor: calor para calentar cosas, nuestra comida, nuestra industria y nuestras casas. En España, debido a la climatología más benévola, el calor representa el 45% del consumo energético.

¿Podemos utilizar energía eléctrica renovable en vez de quemar cosas?

Disponemos ya de tecnologías para hacerlo, pero hay una en concreto que va a permitir un gran uso de la electricidad para calentar edificios; **la bomba de calor.**

Un dispositivo que es capaz de extraer calor del exterior y llevarlo al interior de nuestros hogares, con una eficiencia cuatro veces mayor que la energía consumida. Es decir, consume tan solo una unidad de energía en bombear cuatro unidades de energía del exterior al interior. Por lo tanto, al igual que ocurre en el caso del transporte, no solo es posible descarbonizar la producción de calor, sino que además es posible hacerlo de una forma más eficiente.

El cambio de calderas de combustión por bombas de calor en edificios representa una oportunidad para que nuestras ciudades sean más sostenibles. Las bombas de calor no solo tienen potencial en el sector residencial y de servicios, sino también en el sector industrial, de momento en industrias de baja temperatura.

Europa cuenta hoy día con 15 millones de bombas de calor y los objetivos climáticos de la Unión a 2030 supondrán multiplicar por cuatro este parque. Los objetivos para España son incluso más ambiciosos; actualmente hay 1 millón de bombas de calor y el objetivo establecido por el Plan Nacional de Energía y Clima (PNIEC) supone multiplicar por cinco las instalaciones, de forma que se instalen 4 millones de bombas de calor adicionales hasta 2030.

5. Conclusiones

Hoy, en el siglo XXI no es necesario quemar combustibles fósiles para conseguir energía, es posible obtener energía del agua, del sol y del viento. Es posible transformarla en electricidad con la tecnología ya existente y podemos usar esa electricidad renovable para movernos, para calentarnos, para generar toda la industria que es necesaria y, en definitiva, para hacer que este mundo funcione tal y como es, pero con un **modelo sostenible**.

Esta descarbonización y electrificación de la economía llevará a que la actual penetración de energía eléctrica en el consumo final de energía aumente de forma considerable y a que su producción sea mayoritariamente de origen renovable.

La descarbonización y electrificación tendrá además un beneficio adicional: el incremento de la eficiencia del sistema energético.

> *Hagamos de esta crisis esta gran oportunidad.*

Bibliografía

LIBROS Y DOCUMENTOS:

- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. "Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030". Enero 2020.
- International Energy Agency. "World Energy Outlook 2021". Noviembre 2021.
- Bloomberg NEF. "New Energy Outlook 2021". Julio 2021.
- GWEC. "Global Wind Report 2021". Marzo 2021.
- Bloomberg NEF. "Global Electrified Transport Market Outlook 3Q-2021". Septiembre 2021.
- European Heat Pump Association. "Market Report 2021". Mayo 2021.

Agustín Delgado

Agustín Delgado Martín es ingeniero industrial por la Escuela Superior Industrial ICAI de la Universidad Pontificia de Comillas de Madrid y doctor en Ingeniería Industrial por la Universidad Nacional de Educación a Distancia. También ha completado el programa de la Escuela de Gestión diseñado específicamente para Iberdrola por IESE y el programa de Liderazgo Global en IMD.

Profesional con veinte años de experiencia, comenzó su carrera en diferentes empresas del sector ferroviario y energético. Se incorporó a Iberdrola en 2006 como director de Innovación, en 2010 fue nombrado director de Innovación, Sostenibilidad y Calidad y en 2014, fue nombrado director de Innovación y Sostenibilidad del Grupo Iberdrola. También es responsable del programa de capital riesgo de IBERDROLA (PERSEO), donde coordina la inversión de PERSEO en empresas tecnológicas relacionadas con la sostenibilidad energética.

Miembro del Foro Económico Mundial, Global Future Council for Advanced Energy Technologies. Es miembro del consejo asesor de NEOTEC y del Centro de Energía Baja en Carbono para Sistemas de Energía Eléctrica del MIT.

Mesa 3 / Ponencia 3

ENERGÍA SOSTENIBLE: LA VISIÓN DESDE ENDESA

Julián Barquín Gil. *Responsable de regulación de mercados mayoristas. Endesa*

Eduardo Moreda Díaz. *Subdirector de regulación de mercados mayoristas de generación y gas. Endesa*

Manuel Rodríguez del Castillo. *Subdirector de regulación de sistemas eléctricos no peninsulares. Endesa*

Juan José Alba Ríos. *Director de regulación. Endesa*

José Casas Marín. *Director general de regulación y relaciones institucionales. Endesa*

1. Introducción

España, junto con sus socios europeos, se ha embarcado en un proceso de descarbonización de la economía que ha de conducir a emisiones netas nulas de gases de efecto de invernadero en 2050. Esa transformación se basará en el uso casi exclusivo de fuentes de energía sin emisiones de carbono, principalmente de naturaleza renovable. Como estas fuentes son, en la mayor parte de los casos, fuentes de electricidad renovable, el proceso implica necesariamente la electrificación de la economía. Aún más cuando también va a ser necesario un gran incremento de eficiencia en el uso de la energía, siendo la eficiencia de los usos eléctricos generalmente mayor, y en ocasiones mucho mayor, que la de las alternativas no eléctricas.

Este proceso implica inversiones de una cuantía extraordinaria. Aunque no cabe ocultar a la sociedad la magnitud de estas, es también necesario apuntar que son perfectamente asumibles desde el punto de vista económico; y que existe una más que razonable confianza en que esta transición energética traiga precios finales que sean substancialmente más bajos que aquellos que resultarían de mantener el sistema actual basado en combustibles fósiles. Además, permitirá mitigar la enorme dependencia que tiene actualmente España de importaciones de productos energéticos. La crisis de precios actual, principalmente provocada por el elevado coste del gas natural que importamos, nos recuerda los peligros de esta situación.

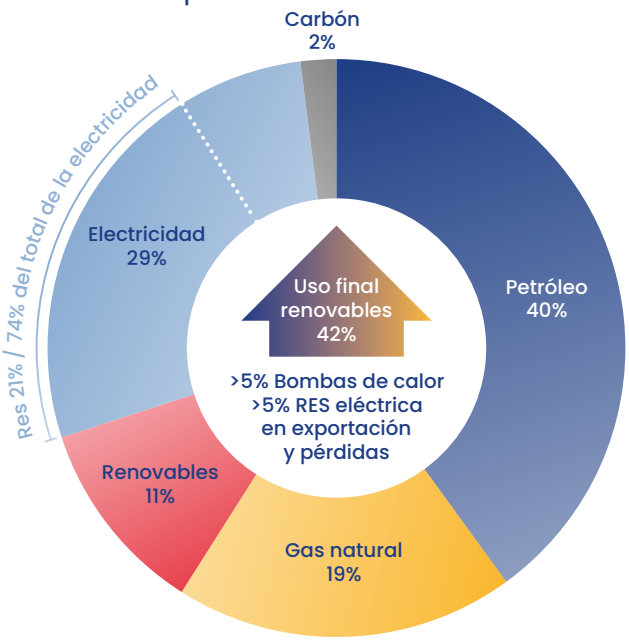
El artículo se estructura a partir de la transición en la que estamos embarcados. La sección 2 explora la ruta hasta el 2030 y la 3 de 2030 a 2050. En este camino nos encontraremos, sin duda, con sucesos y crisis imprevistas. La sección 4 trata la crisis de precios actual buscando lecciones de lo que se debe hacer o no en este empeño. Finalmente, algunas observaciones finales son el objeto de la sección 5. Se concluye en la sección 6.

2. El proceso de descarbonización: de la actualidad a 2030

España, junto con sus socios de la Unión Europea, se ha embarcado en un proceso de transición que ha de conducir a que no emitamos gases de efecto invernadero (GEI) en el año 2050. Este proceso se alcanzará mediante el cumplimiento de objetivos intermedios acordados por los Estados Miembros. Son particularmente relevantes los objetivos a 2030 plasmados en los diversos Planes Naciones Integrados de Energía y Clima (PNIEC).

El PNIEC de España es factible, pero ambicioso. En 2030 las emisiones de GEI deberán ser un 35% menores de las de 2017. El consumo de energías renovables deberá suponer el 42% del consumo total de energía. Es de señalar que el 74% de la electricidad será renovable, y que las dos terceras partes del consumo renovable será eléctrico. Además, la eficiencia en los usos finales de la energía subirá a casi el 40% (gráfico 1).

Gráfico 1. Energía en usos finales: objetivos 2030 del PNIEC de España

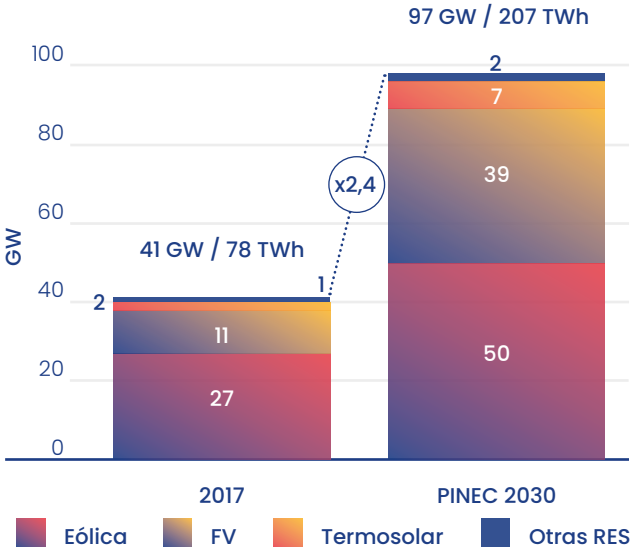


Estos objetivos no se podrán alcanzar sin cambios muy importantes en el sector eléctrico, tanto en su organización interna como en el papel más general que jugará en la matriz energética del país. En particular, las centrales de gas natural serán en lo esencial las garantes del suministro en situaciones de demanda elevada y escasa producción solar y eólica, siendo la energía producida mucho menor que en la actualidad. Por otra parte, el consumo directo del gas natural en la industria, los comercios y los hogares seguirá siendo muy relevante. El petróleo y sus derivados seguirán siendo la principal fuente de energía en el transporte.

De todas formas, cambios en el uso final de estos hidrocarburos comenzarán a ser ya evidentes. El gas natural comenzará a ser substituido como fuente de calor doméstico y comercial por bombas de calor eléctricas mucho más eficientes (unas 3 veces más), al tiempo que los coches de gasolina y diésel comenzarán a dar paso a los mucho más eficientes coches eléctricos. Estas tendencias se volverán mucho más marcadas en los años siguientes, hasta llegar a la descarbonización prevista para el 2050.

Estos nuevos usos eléctricos se integrarán dentro de una demanda eléctrica esencialmente plana, lo que será posible gracias a ganancias de eficiencia en usos finales tradicionales. Lo que sí tendrá lugar es un aumento sin precedentes de la generación renovable, tal cómo se indica en el gráfico 2.

Gráfico 2. Cambio de la generación eléctrica renovable en España de 2020 a 2030 según el PNIEC



La capacidad eléctrica renovable se multiplicará por 2,4, unos 55 GW adicionales, en su mayoría fotovoltaicos y eólicos. Es decir, habrá que poner en servicio más de 5,5 GW por año entre 2020 y 2030. El esfuerzo deberá además sostenerse e incluso aumentarse en los años posteriores hasta alcanzar la neutralidad climática.

Afortunadamente contamos en España con mucho sol, mucho viento, mucho suelo disponible y, especialmente, mucho apetito inversor en la lucha contra el cambio climático. Pero este desarrollo de renovables no se conseguirá si no se desarrollan de forma masiva grandes instalaciones. El autoconsumo, la generación distribuida, la gestión de la demanda, las comunidades energéticas, son todas necesarias, imprescindibles para contar con la implicación ciudadana. Pero también lo son las grandes instalaciones centralizadas.

Si embargo, cada vez se percibe una mayor resistencia social, con participación de múltiples asociaciones y poblaciones contrarias al desarrollo renovable, y cada vez más ayuntamientos aplican restricciones o moratorias al desarrollo de estas instalaciones. Probablemente es la mayor barrera actual en la lucha contra el cambio climático y un gran riesgo para el desarrollo económico del país.

Obviamente no se puede consentir el desarrollo de parques renovables mal tramitados o perjudiciales medioambientalmente, pero bajo ningún concepto se puede dificultar o impedir el desarrollo de parques perfectamente viables por el mero hecho de que son grandes o no le gusta a determinado sector de la población. Los parques renovables cuentan con la ventaja de que, si en el futuro dejan de ser necesarios, se pueden desmantelar sin que quede rastro de su existencia, y eso es un valor innegable. Es imprescindible transmitir a la población la realidad de que sin grandes parques no se podrá descarbonizar la economía española, y la lucha contra el cambio climático se perderá.

> *Es imprescindible transmitir a la población la realidad de que sin grandes parques [...] la lucha contra el cambio climático se perderá.*

3. El proceso de descarbonización: 2030 A 2050

Aunque sin precedentes, el esfuerzo inversor que hay que realizar durante la próxima década es, en cierto sentido, un mero entrenamiento para las transformaciones que se requerirán de 2030 a 2050. Es, por supuesto, un ejercicio muy arriesgado intentar prever no solamente las tecnologías disponibles en un horizonte tan lejano, sino incluso las necesidades y hábitos sociales. Dicho esto, es necesario realizar ejercicios de prospectiva a largo plazo. No tanto para decidir qué hacer ahora, sino más bien para evitar cometer errores y entrar en callejones sin salida de los que sea difícil más tarde salir.

De estos ejercicios se siguen una serie de tendencias que consideramos robustas. Sujeto a los anteriores matices, y sin ánimo dogmático, pensamos que entre estas tendencias se encuentran las siguientes:

- La descarbonización se basará en la extensión de fuentes de energías renovables, y en particular de electricidad solar y eólica. Como estas fuentes presentan una elevada variabilidad será necesario el desarrollo e inversión en tecnologías de almacenamiento.
- Las baterías, cuyo coste está disminuyendo de forma espectacular, son una alternativa eficiente para la gestión de las fluctuaciones de generación eléctrica diaria. Por ejemplo, la producción solar. Sin embargo, seguirán siendo demasiado costosas para la gestión de las fluctuaciones estacionales, como la mucho mayor producción solar en verano comparada con aquella del invierno. Es preciso desarrollar otras tecnologías de almacenamiento, mucho más baratas, aunque no sean tan eficientes o flexibles.
- El papel de los biocombustibles será mucho más relevante que en la actualidad. No obstante, existe una restricción debida a la cantidad limitada de suelo agrícola y la necesidad, que será cada vez más acuciante, de limitar y en la medida de lo posible revertir el impacto ecológico que la extensión de las actividades agrícolas presenta. Esta necesidad se sentirá de forma más aguda en continentes densamente poblados como el europeo, donde no cabe esperar una mayor extensión del suelo agrícola y sí una demanda social de "devolver" terrenos

a la naturaleza. Por ello, esta fuente de energía debiera dedicarse a usos donde no haya realmente alternativas tecnológicas, como la aviación.

- El hidrógeno presenta un enorme potencial en lo referente a la integración de electricidad renovable, utilizando los excedentes de ésta para producir hidrógeno por electrolisis. Pero puede ser mucho más que eso. Puede ser, ni más ni menos, la principal palanca para descarbonizar aquellos usos a los que la electricidad no puede llegar, fundamentalmente transporte pesado e industria. Podría llegar a ser una forma de almacenar energía para posteriormente producir electricidad, aunque esto parece todavía lejos de ser económicamente viable.
- El transporte, y en particular el transporte terrestre, debe dejar de utilizar petróleo y sus derivados. Ello implica su electrificación, sea de forma directa (coches eléctricos) o de forma indirecta (coches de hidrógeno renovable electrolítico) La electrificación directa es de dos a tres veces más eficiente y, por tanto, debiera ser favorecida. El coste decreciente de las baterías permite ya autonomías comparables a la de los coches de gasolina o diésel. El proceso de carga es, en especial si se realiza de forma doméstica, más lento que el de repostaje, pero esta desventaja puede estar compensada por la mayor comodidad de realizarlo en horas de baja utilización[1]. Una red de electrolineras de carga rápida sería también un atractivo relevante, además de poder jugar un papel relevante en la gestión del sistema eléctrico[2]. El mayor uso del transporte por ferrocarril eléctrico contribuiría también a descarbonizar el transporte terrestre.
- Es necesario también descarbonizar la generación de calor, actualmente dependiente del gas natural. Para calor de baja temperatura (por ejemplo, calefacción doméstica o comercial) las bombas eléctricas de calor son una alternativa unas tres veces más eficiente que las calderas de gas natural, especialmente atractivas en un país relativamente cálido como España[3]. Para calor de alta temperatura existen alternativas eléctricas, así como la posibilidad, todavía económicamente lejana, de usar electro-combustibles como el hidrógeno electrolítico.
- Existen también usos de combustibles fósiles como materiales, más que como fuentes de energía en diversos procesos industriales. Por ejemplo, el del gas natural para la producción de amoníaco o el del carbón para la de acero[4]. Es preciso desarrollar alternativas, tales como las que ofrece el hidrógeno electrolítico como agente químico reductor.

En general, estos cambios conllevan una reducción del consumo de energía, debido a su mayor eficiencia en comparación con las tecnologías que se utilizan hoy en día. Pero también un mayor consumo de electricidad, debido a la mayor eficiencia de su uso. Por tanto, cabe esperar que las inversiones en el sector eléctrico, incluyendo en equipos de uso final, se incrementen de forma substancial.

4. Crisis y regulación

El proceso de descarbonización en que nos hemos embarcado es una necesidad ineludible, que habría que afrontar independientemente del coste. Afortunadamente, y aunque requiere un proceso inversor sin precedentes, es también un proceso factible que conllevará unos precios finales para el consumidor menores que los actuales.

Esto, sin embargo, solamente será posible si la regulación del sector es estable y razonable. Errores y precipitaciones pueden conducir a daños substanciales y a una ralentización de la transición que no podemos permitirnos. La gestión que ha habido en nuestro país de la presente crisis de precios de la energía muestra algunas cosas que no se deben hacer.

El origen de esta crisis está en los altos precios del gas en los mercados internacionales. La razón hay que buscarla en el desacoplamiento mundial entre la

[1] Por ejemplo, ¿Cuánta gente cambiaría la posibilidad de dejar el móvil cargando en la mesilla de noche por la de comprar cada semana en el quiosco una ampolla de hidrógeno?

[2] Estas electrolineras incorporarán baterías fijas que podrían utilizarse para ofrecer servicios al sistema eléctrico. El uso directo de las baterías de los propios coches, cuando acoplados a la red, es también posible.

[3] Aunque pueden utilizarse en climas mucho más fríos, como prueba el papel de liderazgo de Suecia en este sector.

[4] En la producción de acero en altos hornos el carbón juega un doble papel como fuente de energía y como agente químico reductor del óxido de hierro

oferta y la demanda de gas, especialmente en China y todo el Este asiático. La pandemia del covid19 causó durante el año 2020 una contracción de la demanda de bienes y de energía sin precedentes. Tras el levantamiento de los confinamientos y con el retorno de la actividad económica se ha experimentado un incremento de la demanda de bienes y energía también sin precedentes en todo el mundo. La oferta ha sido incapaz de acompasar este crecimiento.

> *El proceso de descarbonización en que nos hemos embarcado es una necesidad ineludible, que habría que afrontar independientemente del coste.*

Se ha detectado en primer lugar en la energía, pero el desacople entre oferta y demanda se está percibiendo igualmente en las materias primas como el cobre o el aluminio, en productos manufacturados como los chips electrónicos y en general, en toda la cadena de suministro y el transporte de mercancías que está obligando a detener la producción de numerosos bienes de uso final. Así pues, no es sólo una crisis de energía, sino que es una crisis en toda la cadena de suministro. Los expertos y analistas coinciden en que se trata de una situación coyuntural, y los precios de los mercados de futuro apuntan a una vuelta a la normalidad en pocos meses.

La reacción del gobierno ha sido precipitada, poco reflexiva, demasiado intervencionista y muy poco acertada. El resultado ha sido una percepción generalizada por parte de todos los agentes, afectados o no afectados, de una fuerte inseguridad jurídica, y lo que es peor, de la clara impresión de que el ejecutivo no cree en el mercado europeo de la energía. Invertir en actividades como la producción renovable y, especialmente, el almacenamiento, cuya base es el mercado de la electricidad, en un país que no cree en el mercado eleva el riesgo asociado. Y nada hay más temeroso que la inversión, cuya facilidad para irse a otros países es manifiesta.

Aunque hay un daño que no se podrá reparar, es necesario volver cuanto antes a las buenas prácticas regulatorias que se han seguido en los últimos años. Esta acertada política energética, plenamente coherente con los principios rectores acordados con Europa, unida a los elevados recursos renovables de España en cuanto a sol, viento y espacio, nos había puesto en el foco de atención de inversores del mundo entero.

5. Observaciones finales

Un elemento fundamental de estos principios rectores europeos es el mercado único de la electricidad. Este mercado está diseñado para, al tiempo que incentiva la operación e inversión eficientes del sistema, dar señales para la descarbonización. No es posible cambiar las bases de este diseño sin un acuerdo de los Estados Miembros. Pero es que además estos principios rectores, y en particular la llamada remuneración marginalista, son los mismos que rigen cualquier mercado competitivo e informan la legislación básica del mercado único europeo de bienes y servicios.

De todas formas, si un problema tiene el diseño actual no es que los generadores ganen demasiado dinero, sino justo el contrario. Muchas de las tecnologías de generación (y otras tecnologías necesarias, como el almacenamiento y la gestión de demanda) no consiguen ingresos suficientes para recuperar sus costes. Puede resultar raro decir esto en unos momentos de precios muy altos como los actuales, pero no podemos perder de vista que la situación actual es coyuntural, y que pronto retomaremos la senda de bajada de los precios mayoristas por la que vamos a transitar hasta 2030 y 2040.

Lo que esta crisis ha puesto claramente de manifiesto es la excesiva dependencia que tenemos del gas natural. En este sentido, la expansión de la capacidad renovable no es solamente un imperativo ambiental, es también buena política económica. En España hemos sido muy rápidos y eficientes en

el abandono de la producción de carbón. Esta política ha sido ambientalmente muy positiva, aunque el carbón plantea problemas de dependencia exterior vastamente menores que los del gas natural. Sin embargo, no hemos sido igualmente rápidos y eficientes en el despliegue de las energías renovables. El desarrollo de la regulación necesaria, atascada desde hacía ya demasiados años, junto con muchos otros factores ha impedido el desarrollo masivo del parque renovable.

> *Lo que esta crisis ha puesto claramente de manifiesto es la excesiva dependencia que tenemos del gas natural.*

Conforme se avance en la transición habrá que resolver al menos otros dos temas regulatorios:

- Será necesario proporcionar señales que incentiven el almacenamiento, la gestión de la demanda y la provisión de potencia firme. Conforme el sistema eléctrico esté más y más dominado por fuentes de energía variable (eólica y solar) será necesario almacenar energía de los períodos con exceso de producción a aquellos en lo que falta; ajustar el comportamiento de la demanda a la disponibilidad de electricidad y, en cualquier caso, garantizar el suministro en todo momento. Un mercado de capacidad bien diseñado puede incentivar el almacenamiento en baterías y otras tecnologías, la gestión de demanda y la inversión en potencia firme renovable (por ejemplo, plantas de biomasa).

  Es importante señalar que un mercado de capacidad bien diseñado no supone un coste adicional a los consumidores. En esencia, es un instrumento de gestión de riesgos que estabiliza los ingresos de los productores de electricidad y, como consecuencia, los pagos de los consumidores. Se puede implantar mediante mecanismos de mercado compatibles con la legislación europea. Aunque su importancia será cada vez más manifiesta, quizá no sea ocioso señalar que la presente crisis ha puesto también de manifiesto la necesidad de contar con una cartera de instrumentos de gestión de riesgos, que no se agotan en los pagos por capacidad. Por su parte los gobiernos, al tiempo que facilitan estos mercados y la seguridad de los consumidores más vulnerables, deben dejar claro que no acudirán al rescate de aquellos agentes que no deseen cubrirse. La situación actual es claramente mejorable.

- Los distintos vectores energéticos, hasta ahora bastante desacoplados (por ejemplo, la electricidad y el petróleo) pasarán a formar parte de un sistema energético muy integrado (por ejemplo, electricidad, hidrógeno renovable y biomasa). Por consiguiente, el marco fiscal actual va a tener que ser racionalizado y armonizado. La transición será muy difícil si, como ocurre hoy en día, los distintos vectores tienen cargas fiscales y parafiscales muy distintas (como ejemplo la situación actual, muy baja para el gas natural y muy alta para la electricidad). Las directivas europeas, que basan la fiscalidad en el contenido en energía y en las emisiones de GEI son un buen punto de partida. Otros principios a tener en cuenta son la conveniencia de no gravar productos intermedios (por ejemplo, aboliendo definitivamente el impuesto a la producción eléctrica) o evitar, siguiendo no solamente la letra sino también el espíritu de la ley, casos en los que hay prácticamente una doble imposición (por ejemplo, gravando el uso de los combustibles nucleares al tiempo que se paga, como es lógico, una tasa destinada al tratamiento de los residuos nucleares)

6. Conclusión

Para aquellos de nosotros que trabajamos en el sector eléctrico es difícil pensar en tiempos más interesantes que los actuales. La necesidad de afrontar el cambio climático y los impresionantes avances tecnológicos de los últimos años en tecnologías de producción y uso de electricidad nos han conducido a los comienzos de una nueva edad dorada de la electricidad, quizá solamente comparable a aquella que llevó hace generaciones a la extensión de esta en nuestra sociedad.

Aunque nuestras esperanzas son elevadas, hay que tener siempre presente que también lo serán las inversiones necesarias durante un período ma-

yor. Aunque en este artículo se ha hablado hasta el año 2050, la transición se extenderá durante un período más largo, conforme se incorporan los países actualmente en vías de desarrollo y para entonces probablemente industrializados; y que nuevas necesidades, como la de emisiones negativas de gases de efecto invernadero, se convierten en actividades industriales normales. En cualquier caso, en 2050 la era de los hidrocarburos fósiles deberá, en lo esencial, haber concluido ya.

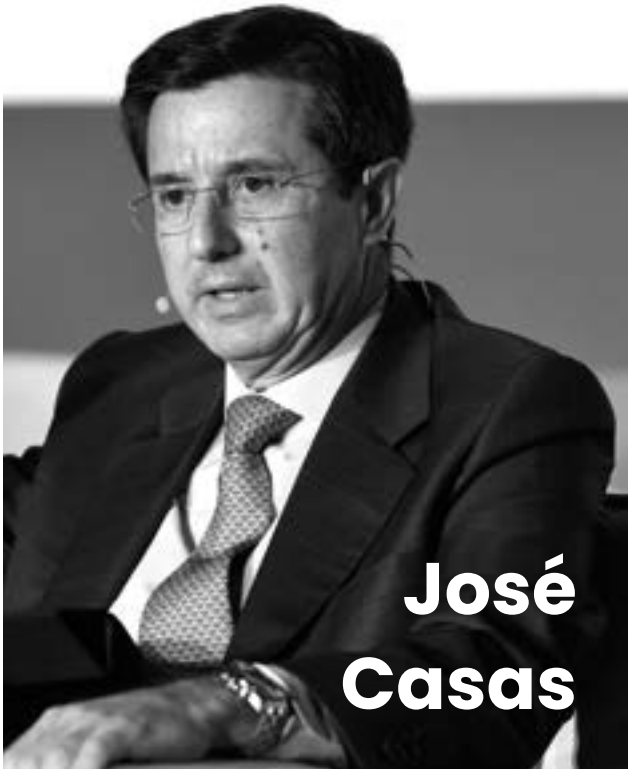
La transición es parte de un cambio de época, y se acoplará con cambios radicales en otros sectores muy relacionados, como el transporte (movilidad como servicio, conducción automática, etc.) o el industrial (nuevos productos y procesos). La microgestión de este proceso es imposible y el intentarla dañino. Muy al contrario, la regulación se ha de basar en principios e instituciones robustos, tener metas ambiciosas y creíbles, ser estable y predecible, y evitar medidas ad hoc tomadas en el calor del momento. A su vez, esto requiere sistemas explícitos previos de gestión de riesgos y un acuerdo amplio en los grandes principios entre los actores más relevantes, y de forma particular entre las principales fuerzas políticas.

Es mucho lo que hay en juego. Hacerlo bien llevará a disponer de energía abundante y barata. Hacerlo mal conlleva un coste muy, muy elevado para la sociedad española.

Bibliografía

- MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO. "Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) 2021-2030. https://www.idae.es/informacion-y-publicaciones/plan-nacional-integrado-de-energia-y-clima-pniec-2021-2030.Consultado el 18 de noviembre de 2021.
- EUROPEAN UNION AGENCY FOR THE COOPERATION OF ENERGY REGULATORS (ACER). "High Energy Prices". Octubre de 2021.

Manuel
Rodríguez


José
Casas

Juan José
Alba

Mesa 3 / Ponencia 4

RETOS DE UNA TRANSICIÓN ENERGÉTICA SOSTENIBLE

Javier Anzola Pérez. *Director de comercialización, electricidad y gas. Repsol*

1. Introducción

Existe un consenso amplio, en torno a la necesidad de luchar contra el calentamiento global, lo que implica una transición del modelo energético actual a un modelo energético descarbonizado.

Las fuentes de energía tradicionales han hecho posible el bienestar social, el progreso y el desarrollo de las sociedades, y el reto actual es mantener ambos (sobre todo, en un contexto de crisis) minimizando el impacto para el planeta y las generaciones futuras[1].

Partimos de una realidad, la sociedad, los responsables públicos queremos lo mismo: lograr la neutralidad climática en 2050.

La ponencia se articula en torno a los principales retos de una transición energética sostenible, con seguridad de suministro, sostenibilidad ecológica y sostenibilidad económica.

[1] El aumento en la demanda y en la producción de energía son factores que, en gran medida, han provocado que la temperatura del planeta haya aumentado. En los próximos 20 años se estima que la demanda de energía disminuirá en los países OCDE (debido a una mayor eficiencia energética y un menor crecimiento económico), mientras que en los países NO-OCDE se incrementará hasta un 28%. Además, cada país o región seguirá utilizando una combinación diferente de energías para garantizar un suministro estable, coste-eficiente y sostenible a su población.

2. No confundir 'descarbonización' con electrificación

El objetivo es descarbonizar la economía, no electrificarla: descarbonización y electrificación no son sinónimos. La electricidad es una parte de la solución, pero no la única. Hay sectores y usos de la energía no electrificables o donde la electricidad no es solución más eficiente. No hay que ver las tecnologías que nos ayudarán a la descarbonización como antagónicas sino complementarias. Todas serán necesarias.

Para lograr la neutralidad climática es imprescindible un enfoque inclusivo en el que no renunciemos a ninguna opción que nos permita avanzar en la transición energética. De esta manera conseguiremos resultados contra el calentamiento global de manera más rápida, y también más barata. El objetivo es retirar la mayor cantidad posible de toneladas de CO2 al menor coste para la sociedad y cuanto antes. La tecnología y el rigor científico son y serán la clave en la lucha contra el cambio climático, por lo que trabajar unidos con los poderes públicos es crítico.

Es fundamental evitar los sesgos conceptuales y el determinismo, asegurando que las decisiones en materia de transición energética se tomen desde la neutralidad tecnológica[2].

Ser tecnológicamente neutral implica que todas las tecnologías compitan por ser las más eficientes para descarbonizar el planeta, sin cerrar la puerta a ninguna de ellas en la medida que contribuya a esta descarbonización.

Hoy en día estamos siendo testigos de una evolución tecnológica muy veloz en el ámbito de la energía: la eficiencia de los motores de combustión interna, la digitalización, los avances de las tecnologías renovables (solares y eólicas, pero no solo) y, por ende, su drástica reducción de costes. Todo ello hace que nadie puede predeterminar cuáles serán las tecnologías más eficientes en el futuro. Opciones como el hidrógeno renovable, los combustibles líquidos neutros en carbono, las pilas de combustible, etc., deben aún alcanzar su completa madurez y ser competitivas. En esta transición, se hace primordial no demonizar tecnologías actuales maduras, ya que algunas de ellas son más eficientes y su curva de carbono es cada vez más descendente.

No tener en cuenta la neutralidad tecnológica puede comprometer la consecución del objetivo de neutralidad climática.

3. Actuar sobre el verdadero problema: las 'emisiones netas'

El cambio climático es un problema global y por eso es muy importante entender el concepto de emisiones netas (las totales, reales, que se generan en la cadena de valor completa de la energía) vs. el de emisiones directas (las parciales, que se producen únicamente en el tubo de escape).

Se trata de un concepto que se incluye en el propio Pacto Verde de la Comisión Europea hablando de "emisiones netas de gases de efecto invernadero".

Tomar como referencia las emisiones parciales aborda sólo una parte del problema de las emisiones de CO2 y parte del concepto erróneo de que el vehículo eléctrico no tiene emisiones. Contrariamente sí las tiene, aunque no se encuentran en el tubo de escape, sino en otros puntos del ciclo de vida del vehículo (p.e., fabricación de baterías, fabricación del vehículo, desguace, etc.)[3]. Con este enfoque, le estamos dando una gran ventaja desde Europa y España a la industria china, o incluso la norteamericana, creando empleos en dichos países con nuestras subvenciones. Mas del 90% de los coches que se fabrican en España tienen motores convencionales.

[2] La AIE ha afirmado que la electricidad no puede descarbonizar economías enteras por sí sola: "no existen soluciones únicas o simples para poner al mundo en un camino sostenible hacia cero emisiones netas. La reducción de las emisiones globales de CO2 requerirá una amplia gama de tecnologías diferentes que funcionen en todos los sectores de la economía en diversas combinaciones y aplicaciones"

[3] Organismos como el Instituto Sueco de Investigación del Medio Ambiente o el Instituto de Investigación Económica IFO (Alemania) apuntan a la necesidad de tener en consideración el ciclo completo. En concreto, el IFO considera que el alto consumo energético requerido para producir sus baterías y el actual mix energético - de centrales energéticas de carbón, diésel o gas- hacen que (bajo determinadas circunstancias y en determinadas regiones) puedan emitir incluso más CO2 que un diésel. Así es el caso de Alemania, donde los coches eléctricos emiten más CO2 que los vehículos diésel cuando se tiene en consideración las emisiones de CO2 relacionadas con la producción de baterías y el mix energético alemán, donde el carbón sigue desempeñando un papel importante, los vehículos eléctricos emiten entre un 11% y un 28% más de CO2 que sus homólogos de combustión con diésel, según el estudio presentado por dicho Instituto.

Poner el foco equivocadamente en las emisiones directas puede inhabilitar de facto el desarrollo de tecnologías que contribuyen a la descarbonización, como es el caso de los combustibles de bajo o nulo carbono entre cuyas materias primas se encuentran hidrógeno renovable, residuos y el propio CO2 capturado. Economía circular, sostenibilidad medioambiental y económica. Y donde España y Europa tienen capacidades tecnológicas propias para ser líderes.

Una regulación basada en el concepto de emisiones directas puede tener importantes consecuencias para España. De una parte, constituiría una amenaza para el tejido industrial del país y para los empleos (estables y de calidad) que son característicos de la industria. De otra, este elevado precio no serviría en términos de lucha contra el cambio climático, ya que las emisiones se trasladarían a otras geografías sin que realmente se estuviese reduciendo la huella de carbono global.

4. Emitir la menor cantidad posible de CO2

El petróleo y el gas van a continuar formando parte de la matriz energética en 2040, por lo que es necesario gestionarlos de la manera más eficiente posible en términos climáticos. La petroquímica está en la base de la transición energética, para mejorar la eficiencia energética de vehículos y de edificios.

La eficiencia energética es la primera palanca en el corto plazo para reducir emisiones. Cada tonelada que retiramos hoy vale en la lucha contra el cambio climático.

5. Hay sectores e industrias que difíciles o imposibles de electrificar, a los que también hay que ofrecer opciones para la descarbonización

En el caso del transporte ligero, se tardarán años en lograr una penetración relevante del vehículo eléctrico. Para luchar contra el cambio climático cuanto antes se debe promover la renovación del parque móvil, incluso por razones de seguridad vial, por coches modernos de cualquier tecnología, también convencionales. Mucho más eficientes que los actuales. España es el segundo país de Europa con un parque más viejo, casi trece años.

El transporte terrestre pesado, marítimo y aéreo, además, son muy difíciles de descarbonizar.

La solución para la descarbonización de la movilidad y el transporte es dual:

- Descarbonizar los vehículos, vía electrificación (requiere fuertes inversiones en infraestructuras y parque móvil).
- Descarbonizar los combustibles líquidos (se pueden aprovechar infraestructuras de repostaje y distribución, así como el parque móvil). Se obtienen del carbono capturado de otras fuentes, reduciendo así las emisiones netas de CO2 cuando se considera el ciclo de vida. Tienen la misma base que los combustibles tradicionales, por lo que se pueden utilizar en los motores actuales. Esto reduce la inversión en infraestructura necesaria para cambiar de tecnología y, en consecuencia, acelera la transición. Como ejemplo de investigación y desarrollo de nuevas líneas de biocombustibles y combustibles sintéticos integrando en sus procesos de producción materias primas y energías de origen renovable:
    - o Producción de biojet (Tarragona, Repsol). Las 10.000 toneladas de biocombustible fabricado en el primer lote a partir de biomasa evitarán la emisión de 630 toneladas de CO2, el equivalente a 55 vuelos Madrid-Barcelona.
    - o Biocombustibles avanzados (proyecto C43 en Cartagena, Repsol). Se trata de la primera planta de biocombustibles avanzados de bajas emisiones de España, con capacidad para producir 250.000 toneladas al año de hidrobiodiésel, biojet, bionafta y biopropano y y permitirán reducir 900.000 toneladas de CO2 al año.
    - o Dos proyectos en Bilbao (Repsol): Planta de combustibles cero emisiones netas. Una de las mayores plantas del mundo de producción de combustibles cero emisiones netas a partir de CO2 e hidrógeno renovable, que desde 2026 generará 20.000 toneladas de hidrógeno cada año reduciendo la emisión de 1,5 millones de toneladas de CO2. En el plazo de los próximos cuatro años tiene un plan de inversiones de 1.300 millones de euros. El proyecto supondrá la genera-

ción de más de 8.000 empleos (1.340 puestos de trabajo directos y otros 6.700 indirectos) y Planta de generación de gas a partir de residuos urbanos que sustituirá parte del consumo de los combustibles tradicionales utilizados en el proceso de producción de Petronor.

6. descarbonizar sin perjudicar a la industria (riesgo de fuga de carbono, pérdida de competitividad), apoyándonos en nuestras capacidades industriales y tecnológicas

Es necesario hacer compatibles los objetivos de descarbonización y reindustrialización. Además de ser una poderosa herramienta para el crecimiento económico, la industria genera puestos de trabajo cualificados, estables y bien remunerados, y proporciona un impulso muy importante para la investigación, el desarrollo tecnológico y la innovación[4].

Hay que evitar enfoques que no tengan en cuenta las implicaciones reales que tiene para la economía europea y española optar por la electrificación como única ruta para a descarbonización. En su conjunto, los sectores industriales europeos perderían competitividad ante sus homólogos de otros entornos geográficos con menos exigencia y compromiso climático. Y se perderían también miles de puestos de trabajo.

La transición justa consiste en hacer una transición energética lo más eficiente posible. Hacer la transición energética de la manera menos onerosa posible para la sociedad y la industria es complejo.

La industria española soporta ya unos costes energéticos superiores a los de nuestros competidores. España salió de la anterior crisis con mucho esfuerzo, con ganancias de competitividad y exportando.

Y, nuevamente, este sacrificio de la industria no repercutiría positivamente en el calentamiento global. Al contrario. Producir en Europa es más eficiente desde el punto de vista de emisiones GEI que producir en otras geografías.

Según la Asociación Europea del Acero, la industria siderúrgica de la UE ha reducido la producción de metales en un 14% desde el año 2005 y, sin embargo, la cuota de mercado de las importaciones ha aumentado en un 80% desde entonces. Y esas importaciones tienen, en promedio, una huella de CO2 mucho mayor que el acero fabricado en la UE.

7. Desarrollar y apoyar con firmeza la I+D para la descarbonización

Tomando como ejemplos complejos industriales como las refinerías, hay que hacer una fuerte y decidida apuesta por la transformación de nuestros complejos industriales en auténticas 'refinerías del futuro', para que desde ellos se aporte a la sociedad la energía que necesita de manera sostenible, se impulse la transición energética y se fortalezca el tejido industrial en España. Creemos en estrategias de descarbonización basadas en nuestras capacidades tecnológicas e industriales.

Poniendo el caso de Repsol, las refinerías están evolucionando, a pesar de la crisis originada por la pandemia, para transformarse en hubs multienergéticos capaces de generar productos de baja, nula o incluso negativa huella de carbono y de impulsar nuevos modelos de negocio basados en la digitalización y la tecnología.

Para abordar este proceso de transformación Repsol se apoya en cuatro grandes pilares:

- Eficiencia energética
    - o Repsol ha rebajado el consumo energético de sus refinerías en un 20% en diez años a través de medidas de eficiencia. Solo en eficiencia energética, invertiremos 400 millones de euros en los próximos cinco años para reducir 800.000 toneladas de CO2 anuales y sentar las bases para transformar los centros industriales en instalaciones cero emisiones.

[2] Según el avance de la Contabilidad Nacional de España, la industria ocupaba a un total de 2.350.000 trabajadores en 2018 de los cuales el 96% son asalariados. Sin embargo, la importancia del empleo industrial trasciende mucho de lo cuantitativo, ya que se trata de empleos más cualificados, más productivos (66.000 € por empleado, mayor que en cualquier otro sector), con contratos más estables y mejor remunerados. Además, tienen importantes efectos económicos adicionales derivados como mayores cotizaciones a la Seguridad Social y mayor inversión de las empresas en la formación de sus trabajadores.

- Captura y uso de CO2
  - o El CO2 capturado de los procesos existentes será reutilizado como materia prima para combustibles sintéticos.
  - o Planta de combustibles cero emisiones netas en Bilbao. Petronor será la única refinería de la Península Ibérica y una de las pocas de Europa que ha integrado este tipo de procesos.
  - o Sakakemang, en Indonesia, representa una iniciativa pionera en captura y almacenamiento de CO2, con un potencial de 1,6 Mt/año de CO2.
- Economía circular
  - o Las industrias del refino y la química van a tener un rol muy relevante en este ámbito, en el que residuos de diferente naturaleza se convierten en materias primas para la generación de combustibles y materiales.
  - o Convertiremos el campo y los residuos españoles en el upstream de nuestros complejos petroquímicos.
  - o Residuos urbanos, forestales, agrícolas e industriales y plásticos usados, se utilizarán como materia prima para biocombustibles avanzados o plásticos circulares.
  - o Los nuevos proyectos pueden suponer un revulsivo en las zonas rurales despobladas.
- Hidrógeno renovable
  - o El hidrógeno renovable de electrolisis / electrocatálisis o biogás SBR puede ser empleado como materia prima para la producción de combustibles de bajo carbono.
  - o Estos productos son "carriers" para la exportación de productos descarbonizados. A veces se olvida algo, siete de los ocho principales exportadores de España somos petroleras o empresas de automoción. El otro es Inditex. España no tiene ningún problema de seguridad de suministro energético, no hay que confundir importaciones con seguridad de suministro. Pero es mucho mejor importar materia prima y exportar productos de alto valor añadido, dejando el empleo de calidad y las aplicaciones tecnológicas en España, que importar la tecnología.
  - o La competitividad del hidrógeno renovable está ligada al precio de la electricidad. Serán necesarias medidas regulatorias orientadas al adecuado cómputo de los combustibles líquidos y bios avanzados producidos con H2 renovable a efectos del cumplimiento de los objetivos establecidos por la directiva de renovables, la RED II.
  - o Oportunidad de convertir a España en líder europeo.

Además de contribuir a que avancemos en el compromiso cero emisiones netas, junto con el desarrollo de activos renovables en diferentes puntos de la Península, estos proyectos van a apoyar la recuperación económica del país. Son iniciativas que realmente reducen el CO2, fortaleciendo la industria y el empleo en España.

8. Conclusiones

Los objetivos de transición y descarbonización son objetivos ambiciosos, y podremos alcanzarlos si la transición energética se aborda desde un enfoque inclusivo.

El objetivo es descarbonizar la economía, no electrificarla. La neutralidad climática se consigue con neutralidad tecnológica, cuidando y protegiendo a los sectores y territorios más vulnerables.

Es necesario recorrer el camino de la transición energética de una manera ordenada y realista midiendo sus impactos en la economía y la sociedad.

Javier Anzola

Javier Anzola Pérez es ingeniero industrial del ICAI de la promoción de 1998. Desde noviembre de 2018 es director Retail, Electricidad y Gas en REPSOL EyG

Comenzó su andadura en la vida profesional en la compañía ASCOM como director de proyectos y feje de producción en la división transporte de viajeros. Dos años más tarde se incorporó a MCKINSEY & COMPANY como consultor.

Desde entonces ha desempeñado diversos puestos en compañías de renombre tanto en el ámbito nacional como internacional. De 2002 a 2006 ocupó el cargo de director de Regulación, Planificación y Desarrollo de Negocios en Enel Viesgo y hasta 2008 fue asistente del consejero delegado para el Área Internacional en ENEL Roma.

De 2008 a 2010 desempeñó el cargo de director general de Generación en Unidad de Mercado España y hasta 2018 fue CEO, director general de Negocios Liberalizados. A partir de este momento se incorporaría a la compañía Repsol para ocupar el puesto que desarrolla actualmente.

Mesa 3 / Ponencia 5

EL HIDRÓGENO RENOVABLE: CLAVE PARA LA DESCARBONIZACIÓN Y LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA

Antón Martínez Rodríguez. *Director renovable y servicios. Enagás*

1. Introducción

Hoja de Ruta de Hidrógeno Renovable en España.

En octubre de 2020, el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (en adelante MITERD) publicaba la "Hoja de Ruta del Hidrógeno: Una apuesta por el Hidrógeno Renovable", hito sin precedentes en la apuesta y compromiso del Gobierno Español para alcanzar los objetivos del Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2030 en materia de descarbonización y transición energética (32,5% de mejora de la eficiencia energética, 32% de penetración de energías renovables y una reducción del 40% de los gases de efecto invernadero respecto a 1990).

La Hoja de Ruta establece unas **inversiones de 8.900 M€ hasta el año 2030** para el despliegue del hidrógeno renovable como solución sostenible clave para la descarbonización de la economía, ya que constituye un vector energético capaz de:

- ser usado como materia prima en procesos industriales como el refino del petróleo, fertilizantes y productos químicos, entre otros, con el objetivo de descarbonizar los procesos de una manera competitiva,
- canalizar grandes cantidades de energía renovable desde la generación eléctrica a sectores donde la electrificación no es una opción factible,
- gestionar y almacenar energía de forma masiva y durante largos períodos de tiempo.

Gráfico 1. Objetivos de España a 2030.

Fuente: Hoja de Ruta del Hidrógeno. Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico

Esta Hoja de Ruta responde además a la estrategia y objetivos definidos por Europa en el proceso de descarbonización, estando alineada con todas las acciones definidas en esta materia, entre las que destacan:

- La inclusión del hidrógeno renovable en la **Directiva 2018/2001, de 11 de diciembre, relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables.**
- **La Iniciativa del Hidrógeno,** lanzada en Linz en 2018, en la que países de la UE y de fuera de ésta, reconocen el rol de las tecnologías del hidrógeno sostenible como vector destacado en el proceso de descarbonización y transición energética.
- **El Pacto Verde Europeo** (European Green Deal) cuyo objetivo es que Europa sea el primer continente climáticamente neutro en 2050. Este Pacto incluye la Estrategia Europea del Hidrógeno (EU Hydrogen Strategy), que fija tres horizontes temporales:
  - 1ª Fase (2020-2024) en la que se instalarán **6GW de electrolizadores** en la UE y se producirán hasta **1 millón de toneladas de hidrógeno renovable**.
  - 2ª Fase (2025-2030) en la que el hidrógeno se convierta en una parte intrínseca del sistema energético integrado, con, al menos, **40 gigavatios de electrolizadores** y la producción de hasta **10 millones de toneladas de hidrógeno renovable** en la Unión Europea.
  - 3ª Fase que llegará hasta 2050 en la que se espera que las **tecnologías del hidrógeno renovable alcancen la madurez** y se desplieguen a gran escala en todos los sectores de difícil descarbonización.
- La *Estrategia Anual de Crecimiento Sostenible de 2021* publicada por la Comisión Europea, que identifica el futuro Mecanismo de Recuperación y Resiliencia como una oportunidad de crear ámbitos emblemáticos de actuación a nivel europeo, haciendo dos de dichos ámbitos de actuación (Power up y Recharge and Refuel) mención expresa al desarrollo del hidrógeno renovable en la Unión Europea.

2. Papel de las infraestructuras gasistas en la transición energética

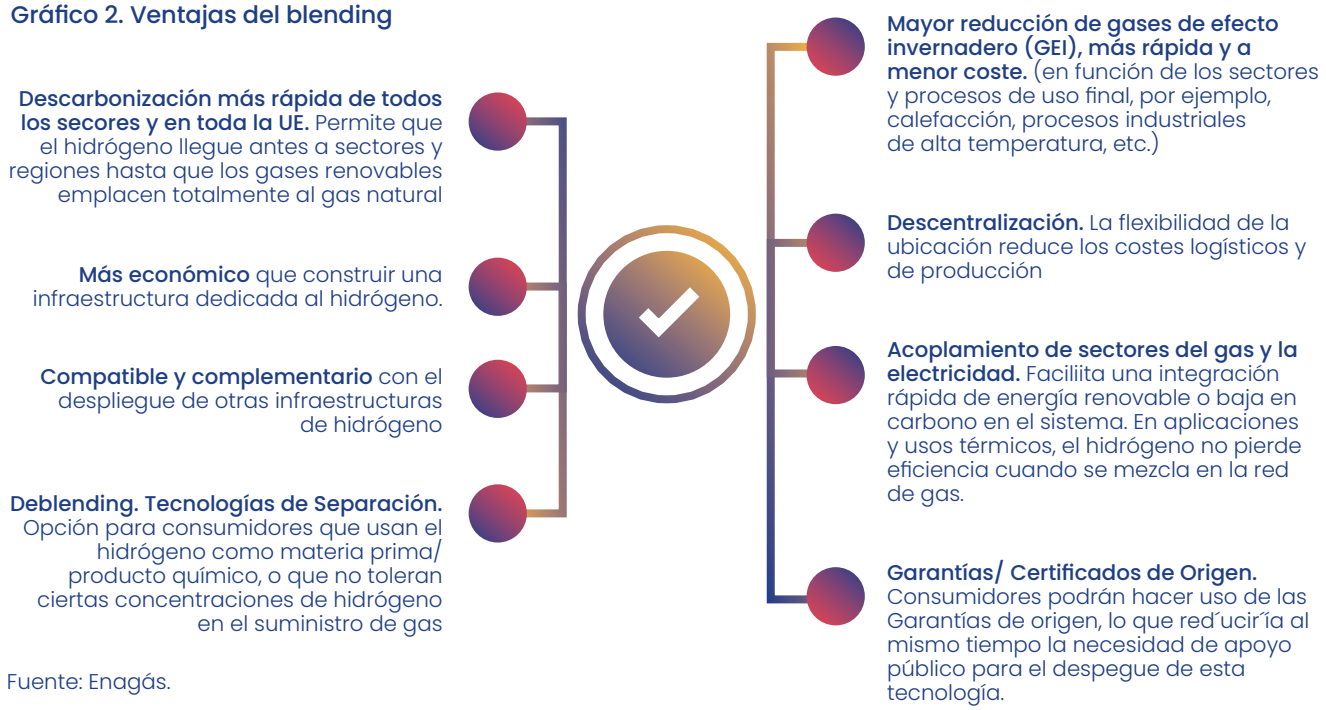
El gas natural y sus infraestructuras ayudarán en el medio plazo a conseguir las metas fijadas por el Plan Nacional de Energía y Clima, garantizando el suministro, aportando una mayor eficiencia energética y fomentando la introducción de energías renovables. Debido a sus enormes capacidades, el sistema gasista puede transportar y almacenar energía durante largos períodos de tiempo de una forma mucho más eficiente que otros mecanismos y tecnologías. Y teniendo en cuenta que las infraestructuras gasistas básicas se encuentran ya construidas, sin que se prevean nuevas inversiones relevantes durante los próximos años, lo harán de una manera mucho más económica y, por tanto, **al menor coste para los consumidores**.

Estas características, bajo el precepto de neutralidad tecnológica y máxima eficiencia y eficacia, hacen que la **participación de las infraestructuras gasistas** en la integración creciente de energía renovable eléctrica sea clave, y ayude a preservar la seguridad de suministro a futuro.

Y dado que la electrificación no puede cubrir el total de la demanda energética, el **desarrollo de modelos híbridos de electrificación y gases renovables**, como el hidrógeno, representa la opción **más eficiente** para lograr los objetivos de descarbonización con un **coste mucho más reducido debido al aprovechamiento de parte de la infraestructura de transporte y almacenamiento del gas natural existente**.

En este sentido, se hace necesaria **una visión integrada del sistema energético** y considerar el papel que tiene la red de gas, tanto hoy como sistema de respaldo para la energía renovable, como la oportunidad que en el medio plazo representa el hidrógeno para impulsar un almacenamiento a gran escala y largo plazo eficiente en costes.

Gráfico 2. Ventajas del blending



Fuente: Enagás.

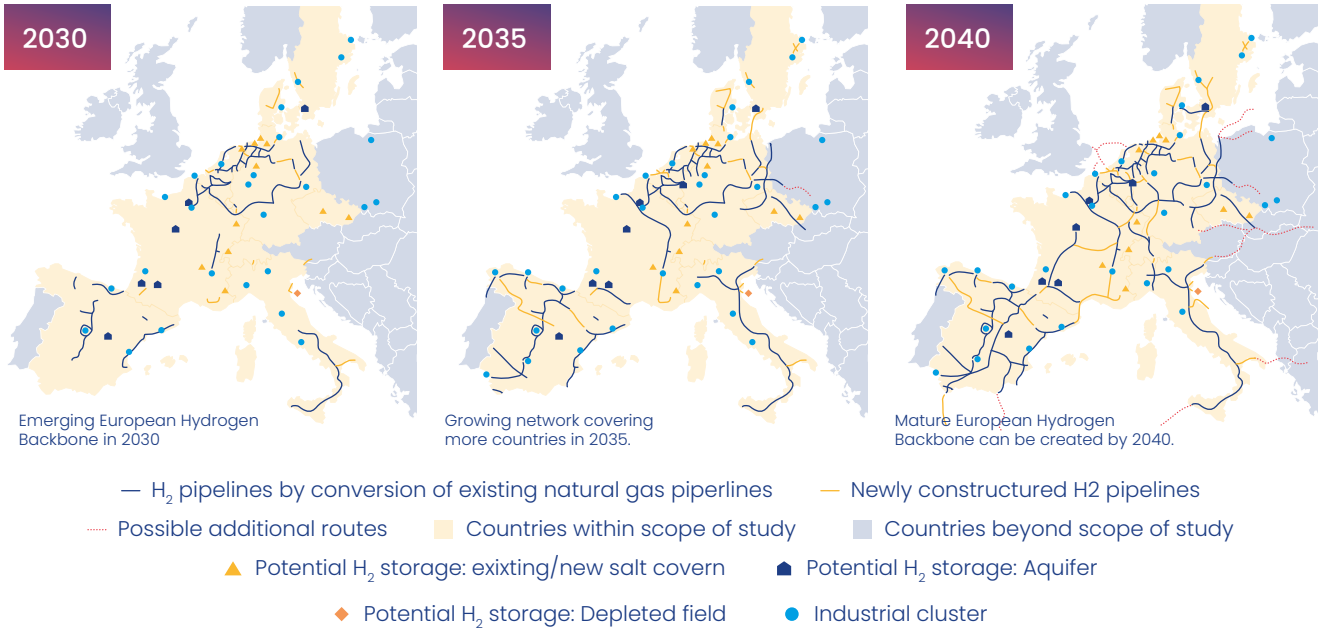
2.1 HACIA UNA RED EUROPEA DE HIDRÓGENO

Enagás es una de las once compañías transportistas de gas europeas que forman parte de un plan para el desarrollo de una red troncal de hidrógeno europea (*"European Hydrogen Backbone plan"*), que parte del entendimiento de que **las infraestructuras de gas existentes pueden adaptarse para transportar hidrógeno a un coste asequible**. El plan está en línea con la Estrategia de Hidrógeno europea, que destaca la necesidad de crear una red específica de gasoductos de hidrógeno.

El plan contempla que, a partir de mediados de la década de 2020, se irá desarrollando gradualmente una red troncal de gasoductos que alcanzará los 6.800 km de longitud en 2030 y que conectará los llamados «valles de hidrógeno» (centros de suministro y demanda). Para 2040, se prevé que estará en operación una red de hidrógeno de 23.000 km, de la que el 75% estará formada por gasoductos de gas natural adaptados, y el 25% restante por tramos de gasoductos nuevos. En última instancia, estarán activas dos redes paralelas de transporte de gas: una destinada al transporte hidrógeno y otra al de gas natural y biometano. Teniendo en cuenta las importaciones de hidrógeno, esta red troncal podrá utilizarse para transportar de forma eficiente hidrógeno a gran escala y a larga distancia.

La creación de esta red tiene un coste estimado de entre 27.000 y 64.000 millones de euros, lo que supone un coste reducido en el contexto general de la transición energética europea. Esta estimación tiene un margen relativamente amplio, debido principalmente a la incertidumbre en los costes de los compresores, que dependerán en buena parte de su ubicación y de otra serie de parámetros, que deberán ir concretándose a medida que se profundice en el análisis realizado.

Gráfico 3. Despliegue de la Red troncal de hidrógeno en Europa



Fuente: Enagás.

Sin embargo, queda mucho por recorrer para llegar a los objetivos previstos. Desde una perspectiva regulatoria, el desarrollo de proyectos Power to Gas está sujeto a las incertidumbres propias de la **no existencia de un marco regulatorio explícito**, tanto para el tratamiento de estas instalaciones de conversión de energía eléctrica en hidrógeno como el de las futuras redes de transporte de este. Esta ausencia de regulación supone una de las barreras más relevantes para el desarrollo de este tipo de proyectos en ausencia de interés efectivo por parte del mercado.

La legislación básica que rige el sector gasista se basa en esquemas desarrollados a finales de los años 90 en donde el desarrollo de tecnologías como la del hidrógeno verde no estaba prevista. Por ello, actualmente se encuentran en proceso de elaboración diversos desarrollos regulatorios a nivel europeo y nacional que deberán definir el encaje del hidrógeno y el resto de gases renovables en el mercado, el alcance de las actividades permitidas a los diferentes agentes, así como el marco regulatorio de las infraestructuras energéticas bajo una perspectiva de fomento de la integración sectorial, que incorporaría, entre otros aspectos, las redes de hidrógeno y el almacenamiento de energía.

Como complemento necesario y esencial dentro del desarrollo de ese marco normativo, el disponer de un sistema de garantías de origen para el gas

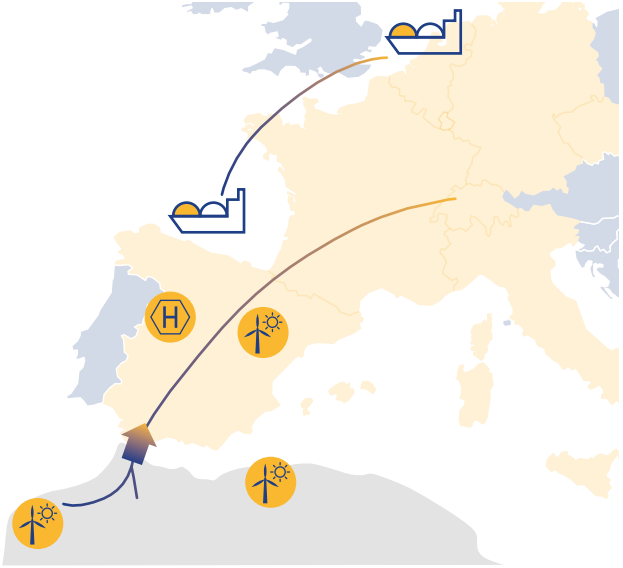
renovable, objetivos de inyección en "blending" de hidrógeno como MWh verdes y la actualización de las Normas de Gestión Técnica del Sistema Gasista, darán garantía de continuidad y estabilidad a estos nuevos desarrollos.

2.2 ESPAÑA: PUERTA DE ENTRADA DEL HIDRÓGENO EN EUROPA. PROYECTO "GREEN CRANE"

España tiene la oportunidad de convertirse en **referente y puerta de entrada del hidrógeno en Europa** aprovechando su amplio recurso solar y las infraestructuras de almacenamiento y transporte ya construidas, y por ello, debe aspirar al liderazgo como país productor y exportador de hidrógeno renovable.

En este sentido, en octubre de 2019, Enagás presentó en Europa, como potencial proyecto prioritario de interés común europeo (IPCEI), el desarrollo de una cadena de valor en torno al hidrógeno verde, contemplando, adicionalmente, una potencial exportación de dicho hidrógeno a Europa. Este proyecto, inicialmente llamado "Green Spider" ha evolucionado a la idea de un proyecto que contempla la **definición de corredores de hidrógeno verde desde el sur hacia el centro-norte de Europa**, denominado "**Green Crane**", y que el pasado 15 de junio ha sido presentado por Enagás a la convocatoria lanzada por el Ministerio de Industria para la identificación de proyectos IPCEI como "paraguas" que aglutina diferentes proyectos que están siendo desarrollados por la compañía.

Gráfico 4. Proyecto "Green Spider" lado español.



Fuente: Enagás.

3. Rol de Enagás en un contexto de descarbonización y transición energética

Enagás, como una de las principales compañías transportistas de gas en Europa, así como principal agente del sistema gasista español, se encuentra en una posición clave para ser uno de los líderes del proceso de descarbonización del sector energético.

La compañía está sólidamente comprometida con la transición ecológica y la sostenibilidad, y cree firmemente que **el sector gasista es indispensable para alcanzar la descarbonización completa de la economía de forma técnica y económicamente eficiente.**

El desarrollo de los gases renovables (principalmente, el hidrógeno) se encuentra en una etapa muy embrionaria, que se limita a proyectos demostrativos y experiencias piloto de sustitución del gas natural, por lo que su desarrollo precisa de un impulso decidido. Esta pequeña escala del mercado en la actualidad lastra su rentabilidad y supone un impedimento para la participación de actores que contribuyan de forma competitiva a aumentar la demanda y a desarrollar la oferta necesaria. Asimismo, el momento de la curva tecnológica en la que nos encontramos desincentiva la adquisición de nueva tecnología.

No obstante, lo anterior, Enagás ha decidido actuar de forma decidida, **promoviendo proyectos de I+D y proyectos piloto demostrativos a escala industrial** en colaboración con entidades públicas y privadas, así como impulsando proyectos para la **descarbonización de distintos sectores económicos**, especialmente en regiones en donde la transición energética pueda tener un mayor impacto.

El rol de Enagás en el hidrógeno reside en actuar como **catalizador y motor impulsor** de este tipo de proyectos de la mano de las Administraciones, pudiendo servir de modelo escalable para la integración paulatina del hidrógeno verde como una actividad más del sistema gasista.

La propuesta de Enagás para impulsar el hidrógeno renovable en España consiste en promover proyec-

tos, en coordinación con otros socios, que:

- Contribuyan a la **descarbonización** y a una **transición justa** e inclusiva.
- Sean **tractores** en toda su cadena de valor.
- Contribuyan al **desarrollo de la industria española** .
- Generen **empleo** sostenible.

Para impulsar realmente la tecnología del hidrógeno en este momento inicial es fundamental la colaboración entre empresas, instituciones y administraciones. Así también se canaliza de forma más eficiente y se maximiza la capacidad inversora. Para ello, Enagás se asocia con empresas con las que ejecutar líneas de actuación que permitan avanzar firmemente en la transición ecológica de la mano de la Administración del Estado y de las Comunidades Autónomas.

El ámbito de los proyectos que promueve Enagás se basa en los tres pilares siguientes:

- **Disponibilidad de infraestructuras**, que facilita la conexión de los centros de producción con los puntos de consumo, permite flexibilidad en la gestión de las renovables y ayuda a mejorar el modelo económico de los proyectos. De esta manera, se puede ya empezar a descarbonizar todos los sectores que actualmente usan gas natural, optimizando los costes de la transición energética, lo que redundará en un incremento de la competitividad de la industria española y en un mayor beneficio para el conjunto de los ciudadanos.

  La red de transporte puede admitir hasta el 5% de hidrógeno sin inversiones adicionales, y, si fuera necesario, se puede elevar en el corto plazo este límite hasta un 10%, principalmente a través de la sustitución de los actuales compresores de gas por turbocompresores eléctricos. Asimismo, se están analizando proyectos de almacenamiento de hidrógeno en cavidades salinas que permitan en un futuro el almacenamiento de hidrógeno puro.

- **Promoción de proyectos** de diferentes tipologías que abarcan toda la cadena de valor industrial del hidrógeno. Aprovechando la oportunidad que ofrece su inyección a las infraestructuras gasistas, Enagás promueve proyectos de producción de hidrógeno a partir de energía renovable y de sustitución de hidrógeno gris en hubs de consumo. También promueve proyectos demostrativos de cadena de valor completa y de I+D+i para la fabricación de bienes y equipos en España.

  El desarrollo de estos proyectos se realiza prestando especial atención a su contribución a la reindustrialización de zonas en riesgo de despoblación, generación de empleo y contribución al crecimiento del PIB, así como a favorecer la descarbonización de los sistemas energéticos aislados, como los territorios insulares.

- **Experiencia y capacidad técnica y de gestión** como promotor y operador de infraestructuras y del conocimiento adquirido a través de un equipo de profesiones dedicados desde hace varios años en exclusiva a la investigación, estudio y promoción de proyectos de gases renovables e hidrógeno.

  Desde su centro de I+D de Zaragoza, Enagás está desarrollando un demostrador de tecnologías de hidrógeno de referencia nacional y europea para estudiar el impacto del hidrógeno en componentes y materiales de la red de gas, y ensayar equipos y tecnologías de la cadena de valor del hidrógeno.

3.1 EL DESARROLLO DE LOCALIZACIONES CLAVE (HUBS) DE HIDRÓGENO: EL CASO DE LAS ISLAS BALEARES

VMallorca es uno de los principales destinos turísticos insulares del mundo, que recibe más de 16 millones de turistas anualmente y está continuamente clasificada entre los 10 mejores destinos insulares del mundo. Como tal, ofrece un gran potencial para convertirse en un escaparate internacional de la integración del hidrógeno y las pilas de combustible a escala insular. Adicionalmente, Mallorca es el primer destino turístico europeo en conseguir el certificado **Unwto.Quest** otorgado por la Organización Mundial del Turismo (OMT). Esta distinción destaca la calidad y la excelencia de liderazgo en los destinos turísticos del mundo.

Teniendo en cuenta este contexto, y bajo el marco de un Acuerdo del Ministerio de Industria, Comercio y Turismo y el Gobierno Balear con Enagás, Acciona, CEMEX y Redexis para reindustrializar la zona de Lloseta (Mallorca), surge la iniciativa "**Green Hysland**", que plantea el desarrollo de un ecosistema energético basado en el hidrógeno en Mallorca, que ofrece soluciones limpias y económicamente viables para

la descarbonización y el desarrollo económico sostenible de la isla. La acción se asienta en tres pilares fundamentales:

- El desarrollo de un ecosistema de hidrógeno renovable y de todas las infraestructuras asociadas, cubriendo la cadena completa (producción, almacenamiento, transporte, distribución y usos en seis emplazamientos en la isla de Mallorca).
- El desarrollo de una hoja de ruta a 2050 en Mallorca hacia la descarbonización energética, liderado por el Gobierno Balear, en la que el hidrógeno juega un papel fundamental en el desarrollo de una economía sostenible a gran escala. Esta hoja de ruta se basará en la actual hoja de ruta regional para el despliegue de las energías renovables y la transición energética.
- El desarrollo de una metodología de replicación, a utilizar como base en otras cinco islas de la UE: Madeira (PT), Tenerife (ES), Aran (IE), Islas Griegas y Ameland (NL).

Gráfico 5. Consorcio del proyecto Green Hysland.

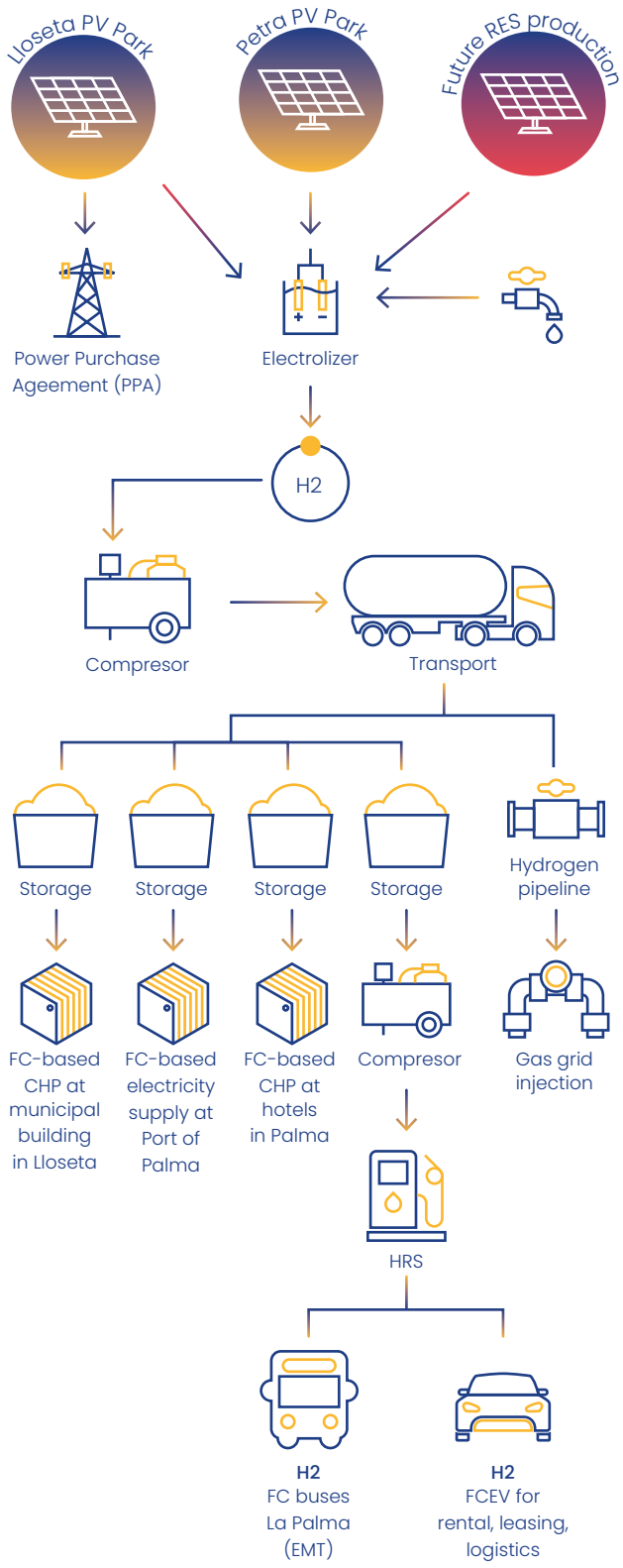
Para el desarrollo de la iniciativa se ha creado un consorcio de 30 socios de 11 países diferentes (9 de ellos de la Unión Europea, además de Chile y Marruecos), del ámbito industrial, científico y del sector público. Además, la iniciativa cuenta con el apoyo del Govern Balear (el cual declaró la iniciativa como Proyecto Industrial Estratégico de las Illes Balears en mayo de 2019), el Ministerio de Industria, Comercio y Turismo y el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico a través del Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía (IDAE).

En concreto, el proyecto contempla la producción y consumo en la isla de, al menos, 300 toneladas al año de hidrógeno verde a partir de plantas fotovoltaicas de nueva construcción, que se transportará por ducto virtual desde la planta de producción hasta las aplicaciones finales ubicadas en seis emplazamientos diferentes. Tanto la planta de electrolisis como una de las plantas fotovoltaicas se emplazarán en los terrenos de CEMEX en Lloseta y la segunda planta fotovoltaica se desarrollará en Petra.

Además del hidrógeno, la planta producirá inicialmente en torno a 2.400 toneladas de oxígeno al año que se está evaluando aprovechar en aplicaciones como hospitales, piscifactorías y escuelas de buceo.

El hidrógeno verde producido en la planta centralizada de hidrógeno contará con un Sistema de Garantía de Origen que autentique la trazabilidad y certificación entre la producción verde y el consumo de éste en las siguientes aplicaciones:

Gráfico 6. Desarrollo del Hub de Hidrógeno en Mallorca.



- Sector movilidad:
- Despliegue de una flota de 5 autobuses de pila de combustible de la EMT de Mallorca.
- Despliegue de una flota de 10 vehículos turismos/furgonetas con pila de combustible para alquiler del público/turismo local, agencias de alquiler de coches y empresas de logística.
- Desarrollo de la infraestructura de recarga asociada a los vehículos de hidrógeno.
- Sector portuario: suministro de electricidad y calor a una de las estaciones marítimas del Puerto de Palma a través de una pila de combustible de 100 kW.
- Inyección de hidrógeno en la red local de distribución de gas natural.
- Sector servicios:
- Suministro de calor y electricidad a hoteles en Palma a través de una pila de combustible de 50 kW.
- Suministro de calor y electricidad a un edificio público de Lloseta a través de una pila de combustible de 25 kW.

El proyecto pretende ser el inicio del desarrollo e implantación de un ecosistema energético basado en el hidrógeno en Mallorca. Se busca, por tanto, allanar el camino hacia la introducción masiva del hidrógeno en el comercio, el turismo, los servicios y el sector

Gráfico 7. Localización de las infraestructuras en el Hub de Hidrógeno de Mallorca.

terciario en general que es donde se concentra la mayor parte de la actividad económica de la isla.

Tras la implantación inicial del proyecto, se espera que este ecosistema se vaya desarrollando al ritmo necesario para satisfacer la demanda de hidrógeno generada en la isla, llegándose a estimar una producción de 1.000 toneladas de hidrógeno al año cuando el ecosistema esté plenamente desarrollado y consolidado, para lo cual será necesario disponer de recurso renovable adicional.

El proyecto cuenta con numerosos beneficios y tendrá impacto a nivel insular y regional sirviendo como modelo de éxito a replicar en otros territorios insulares. Sin duda, el uso de energías renovables para la producción de hidrógeno verde permitirá adquirir experiencia sobre la integración a gran escala de la energía renovable y la electrólisis, así como avanzar en la senda de reducción de los costes de producción del hidrógeno verde. La interconexión de las infraestructuras regionales de electricidad y gas existentes mediante un enfoque Power-to-Gas con hidrógeno verde con Garantías de Origen no se ha intentado antes en un contexto insular. Este proyecto permitirá el almacenamiento de energía a corto y largo plazo (es decir, estacional) en Mallorca utilizando tanto las infraestructuras eléctricas como las de gas.

Asimismo, el proyecto se desarrolla en armonía con los objetivos de descarbonización del Gobierno Balear y fomenta la capacitación y formación de los recursos humanos de los usuarios finales, así como la creación de empleo en torno a la economía del hidrógeno y las pilas de combustible. Adicionalmente, la concienciación pública y la aceptación social están plenamente integradas en el proyecto como factores clave para garantizar que la economía local de hidrógeno en Mallorca pueda desarrollarse de manera adecuada y continuar de manera sostenible en el tiempo, integrando a todas las partes interesadas en el proceso.

Con el objetivo de contribuir a que el proyecto se desarrolle en un marco que permita cierta estabilidad y sostenibilidad, la iniciativa cuenta con ayuda del IDAE para el desarrollo del recurso renovable asociado al proyecto, así como ayuda de la Comisión Europea a través de la Fuel Cell and Hydrogen Joint Undertaking (FCH JU), a través de la cual se destinarán 10 M€ a ayudar a que el proyecto se desarrolle entre los años 2021 y 2025.

The project GREEN HYSLAND has received funding from the Fuel Cells and Hydrogen 2 Joint Undertaking under Grant Agreement No 101007201. This Joint Undertaking receives support from the European Union's Horizon 2020

4. La relevancia del I+D+i y el desarrollo de tecnología propia

La presentación y participación de España y sus industrias en proyectos que abarquen toda la cadena de valor del hidrógeno verde permitirá posicionarse a nivel tecnológico y estratégico en un sector industrial clave, trabajando en el almacenamiento energético, la integración y gestión de las energías renovables, así como en la descarbonización de la sociedad.

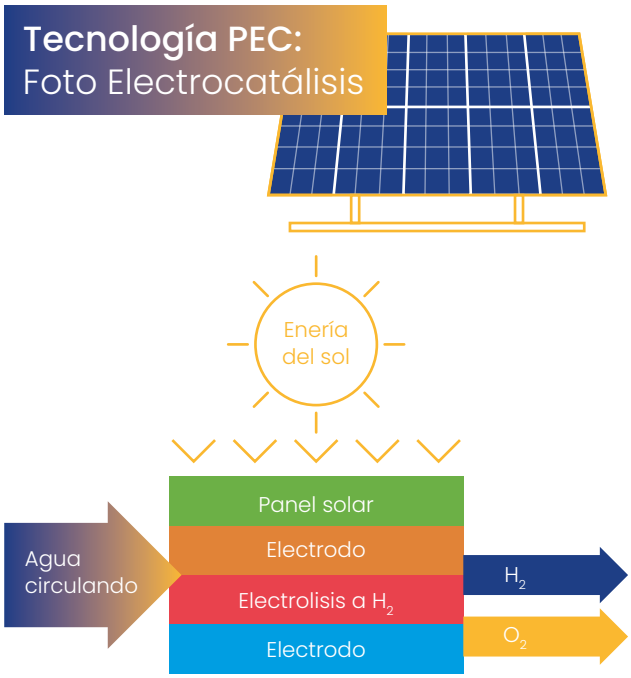
En este sentido, es fundamental el desarrollo de la industria del hidrógeno, incluyendo tecnología propia y nacional, así como de proyectos no sólo demostrativos sino también de gran escala que permitan ir avanzando en la curva de aprendizaje y posicionar a España hacia el liderazgo tecnológico en este sector.

Así, cabe destacar la participación y los esfuerzos que vienen desarrollando tanto centros de investigación, como diversas empresas españolas con el objetivo de desarrollar nuevas tecnologías de hidrógeno verde, así como nuevas soluciones y aplicaciones.

Claro ejemplo de ello es el proyecto innovador que, Enagás, junto con Repsol, está desarrollando para el desarrollo de una **nueva tecnología, que permite la transformación directa de energía solar en hidrógeno a través de una planta de fotoelectrocatálisis** (tecnología PEC). Se trata de una tecnología que no necesita de electricidad externa (bias free), sólo de agua y sol.

Además de **Enagás** y **Repsol**, para el desarrollo técnico del proyecto se cuenta con la colaboración de varios centros de investigación de referencia, como el Instituto de Investigación en Energía de Cataluña (IREC), el Instituto Universitario de Electroquímica de la Universidad de Alicante y la Fundación del Hidrógeno de Aragón, así como con una ingeniería especializada en soluciones innovadoras, Magrana.

Gráfico 8. Esquema simplificado de la tecnología en desarrollo (PEC)



5. Conclusiones

El hidrógeno verde es un vector energético de futuro y una solución clave para el almacenamiento energético de origen renovable. Además, cuenta con múltiples aplicaciones al poder usarse en todos los sectores energéticos (industria, movilidad, doméstico-comercial y generación eléctrica).

Desde la Comisión Europea se reconoce el importante papel que desempeñará el hidrógeno renovable en el mix energético del futuro, poniendo explícitamente de manifiesto la necesidad de una red europea de hidrógeno que asegure un suministro continuo, renovable y flexible. Enagás es una de las once compañías europeas de infraestructuras de gas que impulsa la 'Red Troncal de Hidrógeno en Europa' (European Hydrogen Backbone plan) para el desarrollo de una infraestructura específica de transporte de hidrógeno.

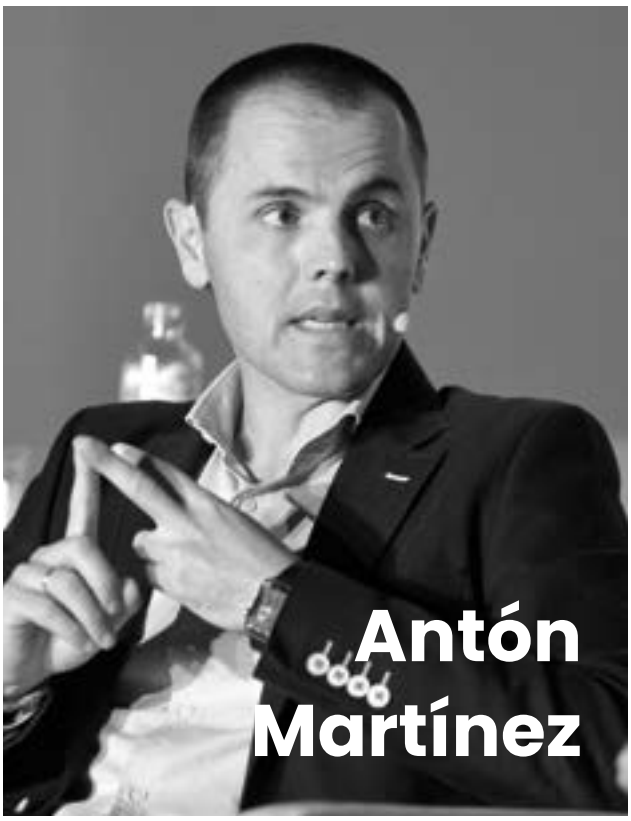
España tiene la oportunidad de convertirse en referente y puerta de entrada del hidrógeno en Europa, aprovechando su amplio recurso solar y las infraestructuras de almacenamiento y transporte ya existentes, y, por ello, debe aspirar al liderazgo como país productor y exportador de hidrógeno renovable.

La propuesta de Enagás para impulsar el hidrógeno renovable consiste en promover proyectos que contribuyan a la descarbonización y a una transición justa e inclusiva, sean tractores en toda su cadena de valor, contribuyan al desarrollo de la industria, generen empleo sostenible y, siempre que sea posible, se desarrollen juntamente con otros socios.

Bibliografía

LIBROS Y DOCUMENTOS:

- MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO (MITERD). "Hoja de Ruta del hidrógeno: una apuesta por el hidrógeno renovable". Madrid. Octubre, 2020
- COMISIÓN EUROPEA. "El Pacto Verde Europeo". Bruselas. Diciembre, 2019
- COMISIÓN EUROPEA. "Estrategia Anual de Crecimiento Sostenible de 2021". Bruselas. Septiembre, 2020
- COMISIÓN EUROPEA. "European Hydrogen Backbone". Octubre, 2020



Antón Martínez Rodríguez es ingeniero químico por la Universidad de Santiago de Compostela y posee dos Masters: la Executive MBA del IESE y el Executive Education Program de la London Business School.

Es director de Enagás Renovable y Servicios y miembro del Comité de Dirección de Enagas. Bajo su ámbito de gestión lidera el desarrollo de los proyectos de promoción de gases renovables e impulsa las oportunidades de prestación de servicios a terceros y telecomunicaciones, reportando directamente al consejero delegado.

Hasta mediados de 2021 ha sido director de Transformación de Enagas, liderando la transformación digital y los proyectos de Sistemas de Información de Enagás.

Forma parte de varios consejos de administración y es presidente del Consejo de AXENT, operador mayorista de servicios de transporte de telecomunicaciones.

Ocupó varios cargos en Enagás desde 2001 hasta 2021: ingeniero de Proyecto, jefe de Operaciones en la Planta de GNL de Barcelona, director de la Planta de GNL de Cartagena, director de Coordinación de Proyectos internacionales, director de Transformación, miembro del Consejo de TAP (Trans Adriatic Pipeline)

Mesa 3 / Ponencia 6

DESAFÍOS DE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA

Juan José Sánchez Domínguez. *CEO. Capital Energy*

1. Introducción

El acuerdo de Paris firmado en 2015, tras varios años de negociaciones, supuso un punto de inflexión para avanzar en la transición energética y evitar que el incremento de la temperatura del planeta supere los 2ºC respecto a los niveles preindustriales.

Europa ha continuado avanzando en su compromiso de alcanzar una economía climáticamente neutra tras incrementar su ambición de reducción de emisiones a 2030 mediante la aprobación del paquete de propuestas legislativas Fit For 50. Este incluye los siguientes objetivos para la Unión Europea para finales de esta década:

- 55% de reducción de las emisiones de GEI en comparación con 1990[1].
- 32,5% de participación de la energía renovable en el consumo total bruto de energía final.
- Mejora del 32,5% en la eficiencia energética.
- 15% de interconexión eléctrica entre los Estados miembros de la Unión Europea (Estados miembros).

Para alcanzar todas estas metas definidas por la UE se exige que cada Estado miembro elabore un Plan Nacional Integrado de Energía y Clima para el período 2021 a 2030 (PNIEC).

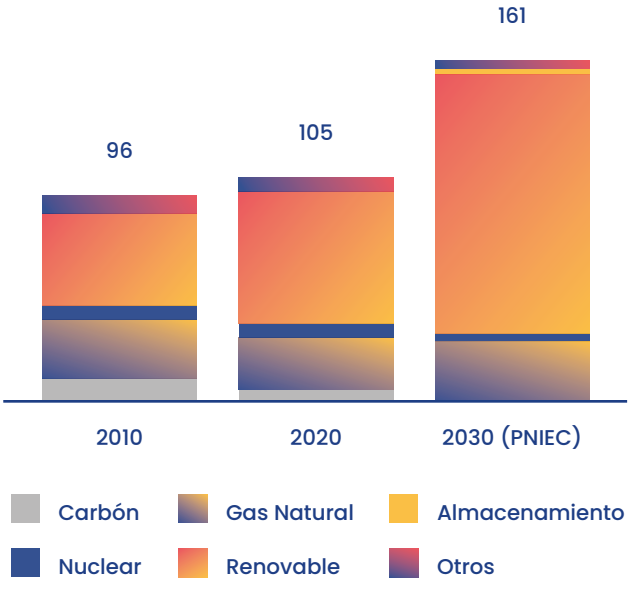
[1] El Consejo Europeo acordó en diciembre de 2020 aumentar el objetivo de reducción de emisiones de GEI del 40% al 55%, en línea con la propuesta de la Comisión Europea incluida en el Pacto Verde Europeo.

El PNIEC de España se aprobó, en marzo de 2021, con el objetivo de lograr un país neutro en carbono para 2050. De cara a conseguirlo plantea, como objetivo intermedio a 2030, reducir las emisiones en al menos un 20% con respecto a 1990, promoviendo una transición de los combustibles fósiles a la eficiencia y las energías renovables. Además, considera necesario electrificar una parte importante de la demanda térmica y la demanda de transporte. Los principales ejes de la descarbonización en el sector del transporte son el despliegue de la movilidad eléctrica y el impulso a la fabricación y uso de biocombustibles avanzados. En el sector de la calefacción y la refrigeración, la electrificación y el crecimiento del uso de energías renovables térmicas serán los principales impulsores de la descarbonización.

El escenario objetivo propuesto por el PNIEC contempla una capacidad instalada eólica y solar de 50 GW y 39 GW, respectivamente, para 2030, lo que requiere un incremento de 35 GW solares y 27 GW eólicos con respecto a la capacidad instalada en 2018.

En este periodo la cuota de generación renovable en el sistema eléctrico experimentaría un aumento muy significativo, pasando del 43% de 2020 al 74% en 2030.

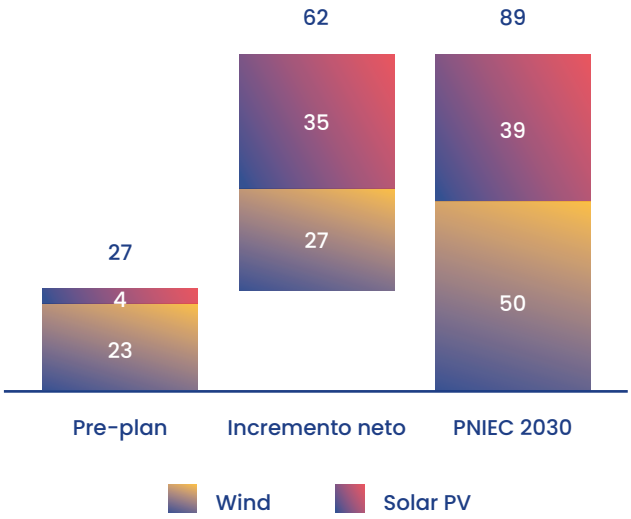
Gráfico 1. Potencia instalada (GW)



Nota: el 2020 se corresponde con estimaciones del Escenario Objetivo del PNIEC.

Fuente: objetivo PNIEC; datos históricos Red Eléctrica de España.

Gráfico 2. Objetivo de incremento de capacidad (GW)



Fuente: objetivo PNIEC; datos históricos Red Eléctrica de España.

Para cumplir con los objetivos propuestos y que la transición energética sea beneficiosa para el conjunto de la sociedad es necesario un uso eficiente de la tecnología, dotando al sistema de seguridad de suministro y flexibilidad y, a la vez, garantizando precios competitivos para los consumidores. La transición energética debe facilitar un crecimiento económico sostenible y equilibrado mediante el impulso de la competitividad de la industria española, especialmente del sector electro-intensivo, y a través de la creación de empleo local. Esto solo se podrá lograr contando con el apoyo de la administración pública, tanto a nivel nacional como a nivel territorial, del conjunto del sistema productivo español y de sus habitantes.

En conclusión, la transición energética ha de ser una palanca de crecimiento económico que promueva una integración eficiente de la tecnología y que cuente con el apoyo de la sociedad en su conjunto: administración pública, empresas y ciudadanos.

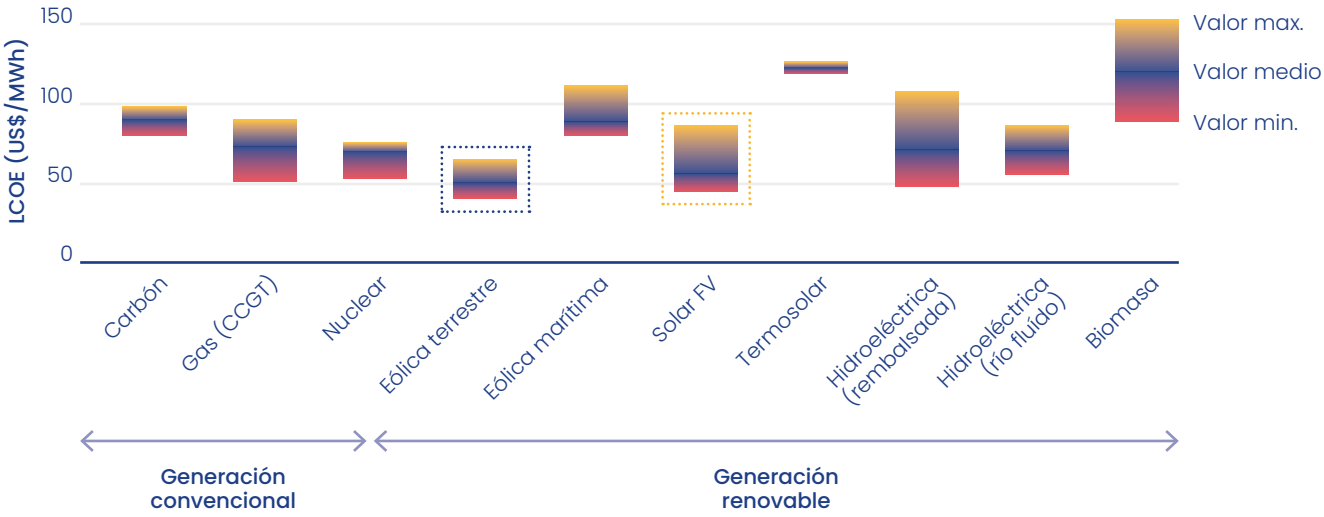
...la transición energética ha de ser una palanca de crecimiento económico...

2. Palanca de crecimiento económico

La transición energética es una oportunidad para favorecer el crecimiento económico nacional mediante la inversión en el tejido productivo español, la generación de empleo y la mejora en la competitividad de las empresas al disponer de energía a precios más competitivos. Los sectores menos favorecidos por la transición energética, relacionados con las tecnologías fósiles, serán apoyados con planes específicos (Plan de Transición Justa) que favorecen la reconversión hacia actividades más sostenibles.

El desarrollo de proyectos renovables impacta positivamente en el negocio de las empresas de fabricación de equipos instaladas en España. En concreto, la AEE estima que el 83% de las inversiones en equipos requeridos para proyectos eólicos son de origen nacional[2]. En el caso de la tecnología solar fotovoltaica, si bien es cierto que la mayoría de los paneles se produce en el continente asiático, la producción de los demás equipos, un 65% del coste del proyecto, se puede cubrir con empresas españolas[3].

Gráfico 3. LCOEs por tecnología (estimaciones a 2025)



Fuente: LCOEs; International Energy Agency (Projected Costs of Generating Electricity, 2020)

La mayor producción de energía eólica y fotovoltaica reducirá las horas en las que las tecnologías convencionales, directamente afectadas por la evolución de los precios de los combustibles fósiles y del CO2, son marginales y, por tanto, definen el precio del mercado diario, de manera que se alcanzará un descenso en los precios medios de la energía.

Este descenso en el precio cobra una gran relevancia en el contexto actual. En los últimos meses se ha producido un pronunciado incremento del pool, desde una media de 28,5€/MWh en febrero hasta 199,9€/MWh de media en octubre -el precio se ha multiplicado por más de seis en los últimos ocho meses-. Esta subida ha sido causada, sobre todo, por un gran aumento de los precios del gas natural y, en parte también, por el incremento del precio de los derechos de emisión del CO2.

La entrada de nueva potencia renovable en los últimos años, 7,3 GW desde 2019 (2,2 GW de eólica y 5,1 GW de fotovoltaica), no ha logrado desplazar de forma significativa a las centrales térmicas e hidroeléctricas como tecnologías marginales en la mayor parte de las horas del año: una media del 80% de las horas en los dos últimos años[4]. El incremento de

[2] Estudio Macroeconómico del Impacto del Sector Eólico en España. Asociación Empresarial Eólica (AEE). 2019

[3] Informe Anual de la Unión Española Fotovoltaica (UNEF). 2021

[4] Fuente OMIE.

los costes variables de las centrales térmicas (combustible y derechos de emisión de CO2) ha tenido un mayor efecto en el precio marginal que el aumento de horas donde las renovables marcan los precios, abaratándolos. En conclusión, la mayor entrada de renovables no ha sido suficiente para provocar una reducción del precio medio del pool ni, por tanto, del precio final de los consumidores.

En este contexto, las nuevas subastas de Régimen Económico Renovable (REER) diseñadas por el Gobierno, además de fomentar el desarrollo de las tecnologías de generación renovable, reduciendo la incertidumbre del precio de mercado para los inversores, aminoran el precio de la energía de los consumidores, no solo por el efecto señalado anteriormente -desplazamiento de las tecnologías convencionales-, sino porque proporcionan un precio inferior al marginal del sistema a los consumidores finales. Esto es así porque remuneran a las instalaciones adjudicadas a un precio fijado a partir de sus ofertas en la subasta y no al precio marginal del mercado. Estas ofertas reflejan sus costes de generación, en principio más bajos que los costes de generación de las tecnologías marginales actuales. Por tanto, todo el volumen de renovables adjudicado en las subastas supondrá un ahorro en el precio de la energía al desplazar centrales con mayores costes de generación y recibir como retribución su oferta en la subasta.

En el ejercicio 2021 se han celebrado dos subastas: una en enero de 3.000 MW (se adjudicaron 3.034 MW) y otra en octubre de 3.300 MW (se adjudicaron 3.124), ambas correspondientes a instalaciones eólicas y fotovoltaicas que estarán en funcionamiento entre 2023 y 2024 -excepto 700 MW con fecha estimada de operación en 2022-. El precio medio ponderado de la primera subasta fue de 24,47 €/MWh para la tecnología fotovoltaica y de 25,31 €/MWh para la eólica. La segunda subasta se saldó con un precio medio ponderado de 31,65 €/MWh para la tecnología fotovoltaica y de 30,18 €/MWh para la eólica.

Asimismo, el desarrollo de energías renovable supone una ventaja estratégica para el país ya que, al ser un recurso autóctono en relación con otras fuentes de energía, no está expuesto a conflictos geopolíticos que puedan tensionar el precio de las materias primas y, además, puede apalancarse en capacidades industriales autóctonas que mitiguen riesgos en la cadena de suministro. Todo ello aporta mayor independencia y robustez a la economía nacional.

> *...el desarrollo de energías renovables supone una ventaja estratégica para el país ya que [...] no está expuesto a conflictos geopolíticos...*

Aunque la transición generará numerosas oportunidades y beneficios a nivel general, puede suponer ciertos riesgos para la economía local. Por ejemplo, el cambio de modelo energético desde recursos autóctonos como el carbón hacia renovables y almacenamiento, cuyas tecnologías pueden ser fabricadas en otras áreas, podría tener un impacto demográfico y económico negativo sobre las regiones si no se plantea un despliegue renovable con foco en potenciar un efecto tractor local.

Como respuesta a este desafío surge la Estrategia de Transición Justa, que incorpora los Convenios de Transición Justa como herramienta de reactivación de aquellas comarcas donde la transición energética pueda poner en dificultades a las empresas y la actividad económica. Tienen como objetivo prioritario el mantenimiento y creación de actividad y empleo a través del acompañamiento a sectores y colectivos en riesgo, la fijación de población en los territorios rurales o en zonas con instalaciones en cierre y la promoción de una diversificación y especialización coherente con el contexto socioeconómico.

Iniciativas importantes en esta línea son, por ejemplo, el establecimiento de criterios de puntuación sociales y medioambientales en los concursos para obtener capacidad de acceso a la red, tanto en los nudos de transición justa, directamente vinculados con municipios de cierres de carbón, como en los nudos de la red de transporte en general.

También en las subastas renovables se atribuye mayor relevancia a iniciativas tractoras económicas y sociales con impacto local. En concreto, los adjudicados deben elaborar un plan estratégico en el que incorporan estimaciones de impacto socioeconómico, análisis de la huella de carbono en el ciclo de vida completo del proyecto, detalle de las estrategias de compras con criterios de sostenibilidad, planes de comunicación e iniciativas de participación ciudadana.

3. Integración eficiente de la tecnología

Otro de los grandes desafíos de la transición energética es lograr una integración eficiente de las renovables desde el punto de vista técnico y económico. España cuenta con excelentes recursos eólico y solar, tecnologías maduras y rentables en el mercado pero que no son gestionables. Para poder garantizar su eficiente integración en el sistema resulta necesario contar con la capacidad de gestionabilidad y flexibilidad que pueden aportar otras tecnologías como el almacenamiento energético o el hidrógeno verde como vector energético. A través de la combinación de tecnologías gestionables y no gestionables se podría llegar a un mix 100% renovable. Para conseguirlo resulta fundamental conjugar la seguridad y calidad del suministro con la eficiencia y sostenibilidad económica y financiera del sector.

Uno de los recientes logros alcanzados en pro de la integración de las renovables es la habilitación de la hibridación. Con la aprobación del Real Decreto Ley 23/2020 y Real Decreto 1183/2020 se ha eliminado una restricción normativa, promoviendo la eficiencia en el diseño de las instalaciones para un aprovechamiento óptimo del recurso renovable. Esta normativa permite no solo el acceso a un mismo punto de la red de instalaciones que empleen distintas tecnologías de generación renovable, siempre que esto resulte técnicamente posible, sino también que la instalación tenga más potencia que la capacidad de acceso y conexión concedida, respetando en todo momento estos límites de evacuación en la operación de la planta. De esta manera, se optimiza y maximiza la utilización del punto de evacuación mediante la complementariedad de distintos recursos renovables, que pueden no estar disponibles simultáneamente. Se logra así un mayor aprovechamiento de la red existente, una mejor utilización del recurso renovable y unas mayores sinergias ambientales.

La hibridación constituye una buena solución para el despliegue de las renovables dado que permite aprovechar el buen recurso eólico y solar con el que cuenta España de una manera eficiente, ya que consigue maximizar el uso de infraestructuras existentes y beneficiarse de sinergias en CAPEX y OPEX al aprovechar infraestructuras de conexión comunes para varios parques de generación.

Con la hibridación se favorece la optimización del despliegue de los recursos no gestionables. Pero, para maximizar el uso de la generación renovable y lograr un mix 100% renovable, también resulta necesario impulsar el desarrollo de recursos que aporten gestionabilidad.

> *...para maximizar el uso de la generación renovable [...] resulta necesario impulsar el desarrollo de recursos que aporten gestionabilidad.*

Considerando el sobredimensionamiento de las instalaciones renovables para maximizar la utilización del punto de evacuación, cabe mencionar que habrá momentos en los que la generación renovable sea superior a la capacidad de evacuación, dando lugar a vertidos de energía. En este sentido, incorporar soluciones de almacenamiento energético o H2 verde para aprovecharlos no solo maximiza la integración de la energía renovable, sino que genera un modelo económico mucho más robusto para estas tecnologías que su modelo aislado.

La principal barrera a la que se enfrentan dichas tecnologías es el elevado CAPEX: el almacenamiento presenta costes nivelados de almacenamiento (LCOS) de entre 131 y 279 USD/MWh en sistemas inde-

pendientes mayoristas[5] -llegando a reducirse hasta el rango de 85 – 158 USD/MWh para sistemas integrados de almacenamiento y solar fotovoltaica-, frente a los entre 20 y 40 USD/MWh que presenta la solar fotovoltaica y los 26-50 USD/MWh que presenta la eólica[6]. Por su parte, y según IRENA, la generación de hidrogeno verde es entre dos y tres veces más cara que la generación de hidrógeno azul, producido a partir de combustibles fósiles en combinación con la captura y almacenamiento de carbono. Por ello, resulta necesario contar con mecanismos económicos que sean capaces de aportar la señal de mercado apropiada para cada uso y aplicación. Asimismo, cuando la tecnología no se encuentra aún en un estado de madurez comercial, es necesario implementar ayudas y subvenciones que fomenten su investigación y desarrollo con el fin de acelerar la reducción de costes.

De acuerdo con la estrategia nacional de almacenamiento, las necesidades mínimas para España, derivadas de los objetivos del PNIEC y de la Estrategia de Descarbonización a Largo Plazo (ELP) 2050, se han cuantificado en de 20 GW en 2030 y 30 GW en 2050 de potencia de almacenamiento total, frente a los 8,3 GW disponibles en la actualidad[7]. Aparte de dotar de flexibilidad al sistema y optimizar la gestión de las redes, el almacenamiento también será clave para fomentar la participación ciudadana en el cambio del modelo energético, al permitir un control activo sobre la demanda, aportando al sistema eléctrico la energía previamente almacenada.

Para que el almacenamiento pueda lograr ocupar su lugar en la transición se deben superar los siguientes retos:

- Falta de desarrollo regulatorio/mercado. En este sentido, un mercado de capacidad, que capture adecuadamente las aportaciones de cada tipo de almacenamiento al sistema, contribuye a construir un caso de negocio de estas tecnologías, debido a que las señales de precio del mercado mayorista (arbitraje de precios), teniendo en cuenta los elevados CAPEX, no son suficientes para viabilizar el almacenamiento.
- Modelo de negocio. Mayor visibilidad sobre los ingresos recurrentes de este tipo de soluciones contribuirán a la construcción de este caso de negocio, como por ejemplo la definición de nuevos servicios remunerados que respondan a las necesidades de flexibilidad del sistema y generen la señal de precio adecuada.
- I+D. La adecuada asignación de fondos y desarrollo de pilotos contribuirá a acelerar la curva de aprendizaje y de reducción de CAPEX, así como reducir la incertidumbre en el caso de negocio.

En el caso del H2 verde no se espera que sea competitivo a corto y medio plazo. Sin embargo, existe mucha incertidumbre sobre cómo los incentivos incluidos en los diferentes planes de recuperación podrían acelerar la reducción de costos de esta tecnología. Mientras tanto, la Hoja de Ruta del Hidrógeno: una apuesta por el hidrógeno renovable define los pasos clave a seguir, como eliminar las barreras administrativas y simplificar los procesos de obtención de permisos.

4. Impulso de la transición energética

El primer reto que hay que afrontar para lograr una transición energética de éxito es abordar de manera adecuada el corto plazo. Acelerar el despliegue de tecnologías renovables maduras y económicamente competitivas en los próximos años no es un reto tecnológico o un reto industrial. Se trata de un reto social que supone alinear los intereses de agentes de diferente naturaleza que conviven en el sector eléctrico, se trata de un reto de responsabilidad compartida para abordar las principales barreras: eficiencia en la tramitación administrativa, oposición social y transición justa.

El proceso actual para la tramitación de desarrollos renovables es complejo y en muchos casos supone un cuello de botella para el desarrollo renovable y para el cumplimiento de los objetivos establecidos

[5] Sistemas de elevada capacidad diseñados para seguir las señales de precios de los mercados mayoristas.

[6] Levelized Cost Of Energy, Levelized Cost Of Storage, and Levelized Cost Of Hydrogen. Lazard 2021.

[7] Estas cifras incluyen el almacenamiento a gran escala diario y semanal, almacenamiento detrás del contador y almacenamiento estacional, según el estado actual de la tecnología.

en PNIEC. La combinación de estos factores: (i) un proceso administrativamente complejo, que requiere la coordinación de diferentes órganos administrativos de diferente nivel y (ii) la disponibilidad de recursos limitados destinados a esta actividad por parte de las administraciones públicas exige a los promotores un especial esfuerzo en el proceso de tramitación.

Con respecto al impacto territorial, vivimos momentos de un gran desarrollo de plantas eólicas y solares, y los grandes volúmenes que se deben tramitar a la vez y en tiempos cortos pueden abrumar a las localidades más próximas a estas instalaciones. No obstante, aún hay un gran desconocimiento del impacto medioambiental real que tienen estas infraestructuras energéticas en las regiones, que han de superar estrictos trámites ambientales, así como un desconocimiento de los impactos socioeconómicos positivos que pueden suponer para las mismas.

Esta movilización local debe entenderse como un reto para tangibilizar los beneficios directamente en los consumidores y una oportunidad para llevar a cabo una labor pedagógica, dando a conocer las bondades de estas tecnologías y especificando, además, que su impacto es limitado en el tiempo, dado que al final de la vida útil existe la obligación de recuperar el estado inicial de los emplazamientos, algo que también está tenido ya en cuenta en las fases de tramitación.

De esta manera, el promotor debe adquirir un papel relevante de acercamiento a los territorios y fomento de una labor didáctica y de concienciación social. Por su parte, la sociedad ha de tomar un papel responsable a la hora de defender los intereses de sus territorios, siempre desde el aprendizaje y conocimiento de la realidad del despliegue de las renovables.

En concreto, Capital Energy mantiene un fuerte compromiso con las regiones que se materializa con diversas iniciativas. Una de ellas es el denominado Proyecto Territorios, que formaliza convenios con los municipios a través de los que canaliza un presupuesto para la realización de actividades e iniciativas locales con impacto económico, social y/o ambiental. Desde Territorios se impulsan proyectos relacionados con salud y bienestar social (campaña en favor del Banco de Alimentos de la Comunidad de Madrid o convenio marco de apoyo con la Asociación de Discapacidad de Muros); medio ambiente (reforestaciones, colaboración en un programa de conservación de los aguiluchos ibéricos) o educación arte y cultura (becas de estudios, apoyo formación profesional, programas sensibilización ambiental).

Juan José Sánchez

Juan José Sánchez Domínguez es ingeniero industrial por la Universidad Pontificia de Comillas, institución en la que también obtuvo un doctorado y un máster en Ingeniería Industrial, con rendimiento académico Cum Laude. Asimismo, tiene un PDD (Programa de Desarrollo Directivo) por el IESE Business School.

Cuenta con una experiencia de más de 20 años en el sector energético. Se incorporó a Capital Energy como adjunto al CEO en el segundo trimestre de 2019 y desempeñó el cargo de CEO de Negocio de julio de 2019 a enero de 2020, cuando fue nombrado CEO.

En la actualidad, lidera un equipo de más de 380 personas y gestiona todas las Áreas Corporativas: Desarrollo de Negocio, Estrategia Corporativa, Concesión de Permisos, Servicios Industriales y Técnicos, Almacenamiento e Hidrógeno, Gestión de la Energía, Suministro, Regulación, Sostenibilidad, Estrategia Digital y Emprendimiento Corporativo.

Juan José cuenta con una dilatada trayectoria en distintos campos y especialidades de la industria energética, como Estrategia y Desarrollo Corporativo, Gestión y Operaciones Corporativas, Economía o Política y Regulación. Antes de iniciar su andadura profesional en Capital Energy, desempeñó funciones ejecutivas en empresas multinacionales líderes e instituciones punteras del sector energético como Enagás, KPMG, El Ministerio de Medio Ambiente del Gobierno de España, El Instituto de Investigación Tecnológica de la Universidad Pontificia de Comillas, La Asociación Española para la Economía Energética (AEEE), donde formó parte del Consejo de Administración.

Mesa 3 / Comunicación 1

La década de la batería de Litio

Jesús Lúgaro Duelo. *ICAI, promoción 2007.*

1. Introducción y estado actual de la industria de baterías

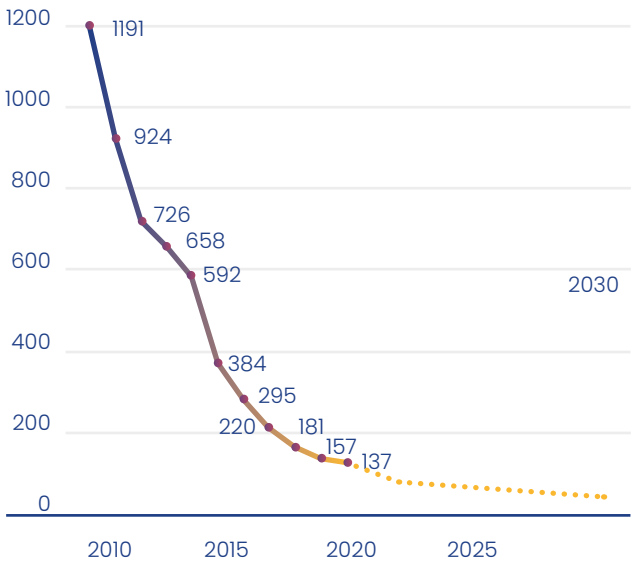
En febrero de 2021 el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO) publicaba la nueva estrategia de almacenamiento energético tras numerosas consultas con los diferentes actores del sector energético como elemento clave para la descarbonización de la economía española.

Se preveía que esta estrategia sentaría las bases de un mercado poco maduro que durante la década 2010-2020 demostró que la electricidad del sistema eléctrico en general, y más especial la generación variable de las energías renovables, podía ser almacenada en baterías para ser restituida a la red de manera controlada proporcionándole estabilidad.

Las baterías de litio se revelaron en los últimos años como la tecnología de batería más adaptada para almacenar energía eléctrica gracias a numerosas ventajas técnicas como son su alto rendimiento de carga y descarga, su densidad energética, su larga durabilidad y su funcionamiento a temperatura ambiente. Las baterías de plomo, a pesar de su madurez, y las baterías de sodio, o de flujo (vanadio, zinc, etc.) no han podido todavía alcanzar técnicamente a la batería de litio, que fue comercializada por primera vez en 1991 por la marca japonesa Sony.

A las ventajas tecnológicas de la batería de litio se le une una reducción de costes muy importante en la década anterior pasando de más de 1000 $ por kWh en 2010 a unos 150 $ por kWh en 2020 como puede observarse en la gráfica.

Gráfico 1. Precio de baterías de litio (celdas) entre 2010 y 2020 en dólares por KWH



Fuente: Bloomberg (BNEF)

Dicha reducción ha sido posible gracias al efecto volumen que ha traído la electromovilidad, pero también a unas inversiones en I+D muy considerables realizadas por los grandes fabricantes de baterías en Japón (Panasonic), Corea (LG, Samsung), China (CATL, BYD) y Estados Unidos (Tesla). Son estas empresas no europeas las que dominan el mercado de las baterías de litio, que es un mercado estratégico pues además de usarse en sectores nicho (espacio, defensa, etc.) se usa ya en un mercado masivo como es la electrónica de consumo (teléfonos, ordenadores portátiles etc.) y dentro de muy poco en otros mercados de masa como son la electromovilidad con baterías de aproximadamente 100kWh y el almacenamiento estacionario con baterías a la escala del MW.

La falta de fabricantes de baterías europeos es actualmente un problema industrial mayor ya que la batería de litio, a pesar de la reducción de coste mencionada, sigue representando más de un 35% del coste de un vehículo eléctrico. Europa tiene más de 13 millones de personas empleadas en el sector de la automoción y la importación de las baterías de Asia provocaría una pérdida de valor añadido en la producción de los vehículos eléctricos que se traduciría al final en una pérdida de empleo en el sector. Uno de los países europeos más afectados podría ser España al ser uno de los principales productores de vehículos de Europa.

2. La reconquista industrial

2.1 FABRICACIÓN EUROPEA DE BATERÍAS

Hace 10 años, Europa solo poseía 3 empresas capaces de fabricar baterías de Litio: Saft (Francia), Leclanché (Suiza) y Varta (Alemania). Ninguna de las tres empresas tenía la capacidad de producir baterías competitivas en grandes volúmenes para los coches eléctricos, por lo que los principales fabricantes de vehículos europeos se decantaron por baterías asiáticas como LG, Samsung o CATL. Mientras tanto, esos tres fabricantes europeos de batería se enfocaban en aplicaciones que requerían pequeños volúmenes (vehículos especiales, autobuses, ferries y sistemas de almacenamiento estacionario). Saft, por ejemplo, fue el primero en diseñar una batería de Litio superior a 1MW conectada a la red, usando un contenedor marítimo de 20 pies. Dicha solución contenerizada la desarrolló Saft en 2011 el marco de un proyecto europeo de I+D usando baterías de Litio NCA fabricadas en Francia, previamente utilizadas en el satélites y aplicaciones militares. El objetivo del proyecto era hibridar la planta fotovoltaica de Acciona en Tudela con una solución de almacenamiento por batería y demonstrar la viabilidad técnica de lo que era la primera central hibrida PV con batería en Europa. El éxito de aquel proyecto y de otros muchos que llegaron entre 2012 y 2016 no fue suficiente para promover la industria de la batería europea a pesar del crecimiento esperado de los mercados del coche eléctrico y del almacenamiento de energía. Fue en 2018 con la creación de la Alianza Europea de Baterías donde se alertó sobre la necesidad de producir baterías en Europa como elemento estratégico para los sectores de la automoción y de la energía. Dicha alianza y los fondos europeos destinados al sector en los últimos 2 años están actualmente dando frutos con el anuncio de una veintena de giga-factorías de baterías de litio en el continente.

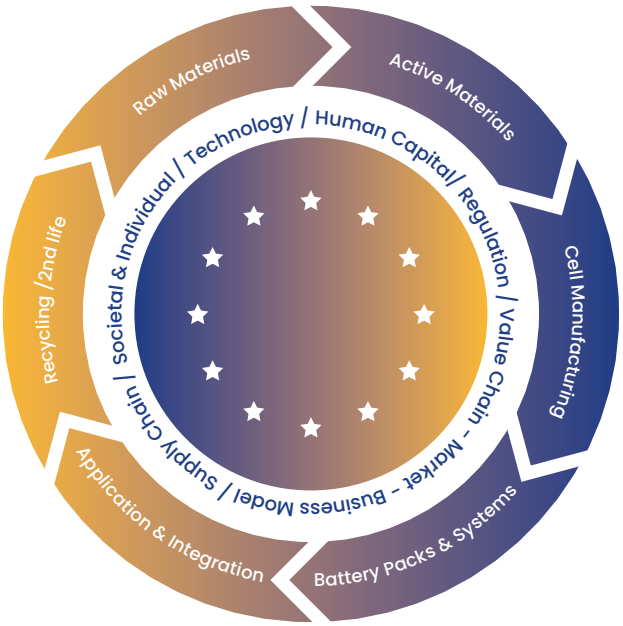
Gráfico 2. Gigafactorías europeas

Fuente: CIC energiGUNE

El futuro es pues esperanzador a pesar de la falta de anticipación industrial. Una activación pública y privada 5 años antes nos hubiera permitido tener numerosas fábricas de baterías hoy en lugar de esperar a 2025-2027 que es el momento en el que debería haber un punto de inflexión en Europa para usar baterías de producción local. En cuanto a la situación particular de España en la industria europea de baterías, es relevante decir que se han proyectado 3 polos principales de producción de baterías: uno en el País Vasco (BasqueVolt), uno en Extremadura (Phi4tec) y un tercero, con mayor capacidad instalada, en la Comunidad Valenciana (Volkswagen y Power Electronics).

2.2 CADENA DE VALOR

Para que puedan producir las fábricas de celdas de Litio, se necesitará toda una cadena de valor entorno a dicha producción, desde la extracción del litio en minas, la producción de cátodos y ánodos, la integración en sistemas, así como el reciclaje al final de vida (fundamental para cumplir con nueva regulación europea de baterías). La ambición de Europa es grande ya que pretende crear una economía circular en esta industria con el fin de garantizar los objetivos esperados para la transición energética. Es difícil saber cuándo esa economía circular será una realidad, pero está claro que son numerosas las iniciativas privadas que intentan posicionarse en la cadena de valor. Buenos ejemplos son las empresas Lithium Iberia que intenta desarrollar una mina en Cáceres para la extracción de litio, BeePlanet, que propone sistemas de baterías a partir de baterías de litio de segunda vida o la propia Endesa, que implementara una planta de reciclaje de baterías en Compostilla, manteniendo los empleados de la antigua central térmica.



3. Innovación y formación

Para poder generar el conocimiento que se necesita en la industria de la batería a nivel nacional y europeo, es imperativo invertir en I+D y en formación universitaria y profesional. La comisión europea estima que se necesitarán unos 800.000 trabajadores formados en Europa con conocimiento de baterías en 2025 para poder cubrir los puestos generados por esta industria con el crecimiento previsto. Gran parte de esos trabajadores serán empleados con experiencia que tendrán que reconvertirse, pero muchos empleos podrán ser ocupados por técnicos e ingenieros jóvenes. España cuenta con algún centro de investigación de renombre en el campo de las baterías como es el caso de CIDETEC en el país vasco o CIRCE en Zaragoza, pero no parece suficiente para llevar a cabo la innovación esperada en esta área. Se espera que en 2023 arranque en Cáceres el Centro Nacional Ibérico Almacenamiento Energía (CNIAE) que será sin duda una referencia de la I+D nacional en almacenamiento, como lo fue el CENER previamente para las energías renovables. Sería de gran utilidad que el gobierno dirija parte de los fondos de recuperación europeos a la I+D en baterías y que las mejores escuelas de ingeniería consideren la electroquímica como uno de los campos de investigación más prometedores. El diseño de baterías de nueva generación como el litio de estado sólido, es un campo apasionante para un ingeniero pues para desarrollarla es necesario dominar aspectos químicos, eléctricos, mecánicos y térmicos.

4. Conclusiones

El crecimiento de la electromovilidad y de las energías renovables para contribuir a la transición energética se apoya en gran medida en baterías electroquímicas. Los volúmenes esperados de baterías en los próximos años convierten a esta industria en una de las más prometedoras.

España tiene una gran oportunidad para hacer de la industria de las baterías una de las principales del país disminuyendo el desempleo y dándole sentido a la carrera universitaria de ingeniería industrial. Escuelas de Ingeniería como el ICAI y sus centros de investigación asociados (como el IIT) deben reflexionar sobre la importancia creciente de esta industria y como se podría adaptar la oferta docente a este reto gigante que se ha marcado Europa de convertirse en la segunda región mundial de producción de baterías tras China en los próximos 5 años.

Mesa 3 / Comunicación 2

BOMBA DE CALOR Y DIGITALIZACIÓN COMO HERRAMIENTAS PARA LA TRANSICION ECOLOGICA

Martín José García Gil. *ICAI, promoción 2004.*

1. Introducción

Todos los sectores industriales debemos recorrer inexorablemente un camino hacia la Transición Ecológica. El uso de bombas de calor y la digitalización de nuestros procesos productivos son dos de las principales tecnologías en las que las industrias pueden apoyarse.

Estas dos tecnologías aportan soluciones con las que se puede reducir significativamente la energía consumida, lo que implica una mejora en la huella de carbono y en menores costes de producción.

Este camino que hemos empezado a recorrer todos juntos, está aportando nuevos retos, principalmente a todas las empresas que realizan procesos que requieren de frío y de calor. Estas tienen que evolucionar y convertirse en:

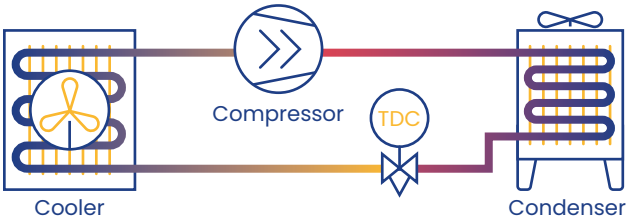
- Empresas que consideren sus instalaciones frigoríficas y caloríficas de manera conjunta, para evaluar la recuperación de calor y aportar soluciones completas.
- Empresas que puedan aportar soluciones altamente digitalizadas para adaptarse a los procesos productivos, gestionando las plantas más eficientemente.

El asesoramiento de las posibles aplicaciones de la bomba de calor y de la digitalización, en los costes de su aplicación y en el retorno de la inversión son parámetros que decidirán la rapidez en la que recorramos el camino hacia la Transición Ecológica.

2. Bomba de calor. Principio de funcionamiento

Para recorrer el verdadero camino hacia la Transición Ecológica, qué duda cabe, que las bombas de calor deben utilizar refrigerantes naturales como el NH3 (R-717) o el CO2 (R-744).

Todas las instalaciones frigoríficas son bombas de calor. Todas las instalaciones frigoríficas transportan el calor de bajas temperaturas a altas temperaturas.



En términos generales podemos decir que, si el objetivo es enfriar, necesitamos una instalación frigorífica y si el objetivo es calentar, necesitamos una bomba de calor.

Es importante reseñar que una bomba de calor siempre debe transportar el calor de baja temperatura a alta temperatura.

Por ello, el uso de bombas de calor en instalaciones frigoríficas es la solución perfecta para la generar calor en aquellas industrias que demandan tanto frío como calor para sus procesos productivos.

Las bombas de calor no son una tecnología novedosa en el mercado, aun así, no se ha aprovechado todo su potencial y la transición ecológica es una gran oportunidad para ello.

La instalación de la bomba de calor en un nuevo proyecto industrial o la adaptación en instalaciones existentes es relativamente sencilla.

3. Rendimiento energético e la bomba de calor

La bomba de calor tiene un rendimiento energético muy superior a cualquier otro sistema habitual de generación de calor en la industria.

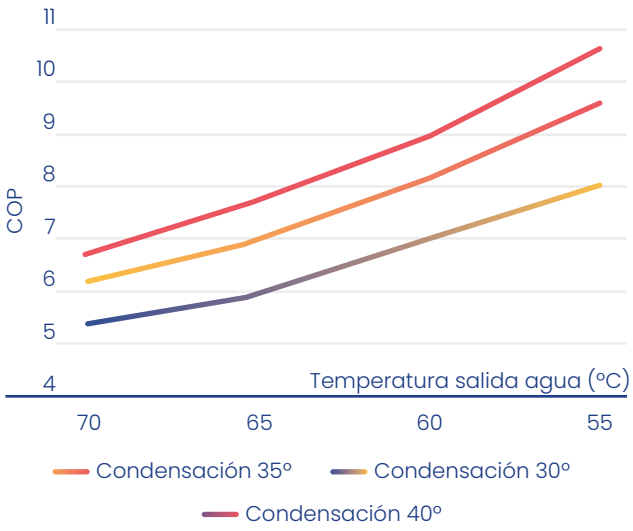
Para hacer una selección correcta de una bomba de calor, debemos evaluar la instalación frigorífica donde se va a instalar.

Para analizar el rendimiento energético de una instalación frigorífica, utilizaremos el parámetro EER y para el rendimiento de una bomba de calor el parámetro COP.

EER = Potencia frigorífica (Cooler) / Potencia absorbida (Compressor).

COP = Potencia condensación (Condenser)/ Potencia absorbida (Compressor) =EER+1.

Los datos del siguiente grafico están basados en una bomba de calor con un compresor de tornillo y con una potencia calorífica de 600 kw. La parte fría de la bomba de calor se utiliza para la condensación parcial de una central de NH3.



A simple vista podemos apreciar que cuanto más baja es la temperatura requerida del agua caliente mayor rendimiento energético tiene la bomba de calor.

Por otro lado, podemos observar que cuanto más alta es la temperatura del foco frio (en este caso la condensación del NH3) mayor rendimiento tiene la bomba de calor.

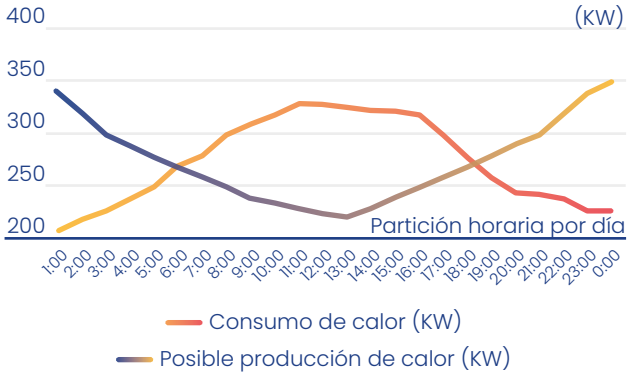
De todo ello, podemos afirmar que cuanto más pequeña sea la diferencia de temperaturas entre el lado frio y el lado caliente, mayor rendimiento obtendremos en la bomba de calor.

Es muy importante realizar un estudio previo para determinar las temperaturas del lado frio y del lado caliente de la bomba de calor para poder determinar el punto adecuado de trabajo y conseguir el mejor rendimiento energético.

La bomba de calor consigue su mayor rendimiento energético cuando el equilibrio de las necesidades térmicas del lado frio y del lado caliente son estables tanto en caudales como en temperaturas. Esto es muy difícil de conseguir en bastantes de los procesos de la industria.

Como podemos intuir nunca deberíamos seleccionar una bomba sobredimensionada puesto que al no trabajar al 100% de su capacidad, perderíamos rendimiento energético. Para poder asumir los desequilibrios de los circuitos deberíamos aplicar la siguiente solución:

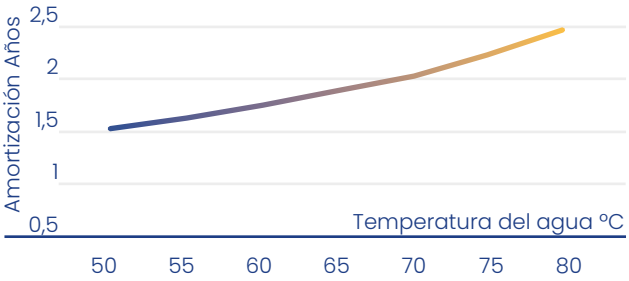
- Analizar los consumos horarios de agua caliente de cada uno de los consumidores.
- Dimensionar la bomba de calor, con cierta holgura, para el mayor consumo horario.
- Acumular el agua caliente durante las horas de poco consumo. Lógicamente tanto la bomba de calor como la acumulación tienen que estar dimensionados para abastecer a los consumidores cuando no se pueda acumular.



Con estos puntos evitaremos que la bomba de calor empeore su rendimiento energético durante los desequilibrios antes comentados.

Otro punto importante que destacar es que el coste del consumo eléctrico de la bomba de calor es solo un 15% del coste del consumo de gasoil de la caldera.

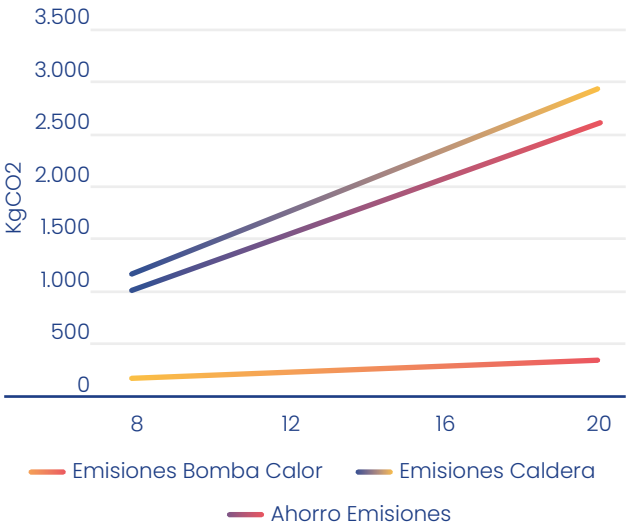
Por consiguiente, el retorno de la inversión, de la implantación de una bomba de calor, tiene plazos cortos de entre 1,5 a 3 años, dependiendo de la aplicación, de la potencia de la bomba de calor y de la temperatura del agua.



4. Emisiones CO2 calculadas por bomba de calor

Para la elaboración del gráfico de las emisiones de CO2 hemos tomado los datos de una bomba de calor de 600 kw de potencia calorífica frente a una caldera de gasoil de la misma potencia, 600 kw.

Podemos apreciar la gran diferencia de emisiones de CO2 calculadas entre la caldera y la bomba de calor.



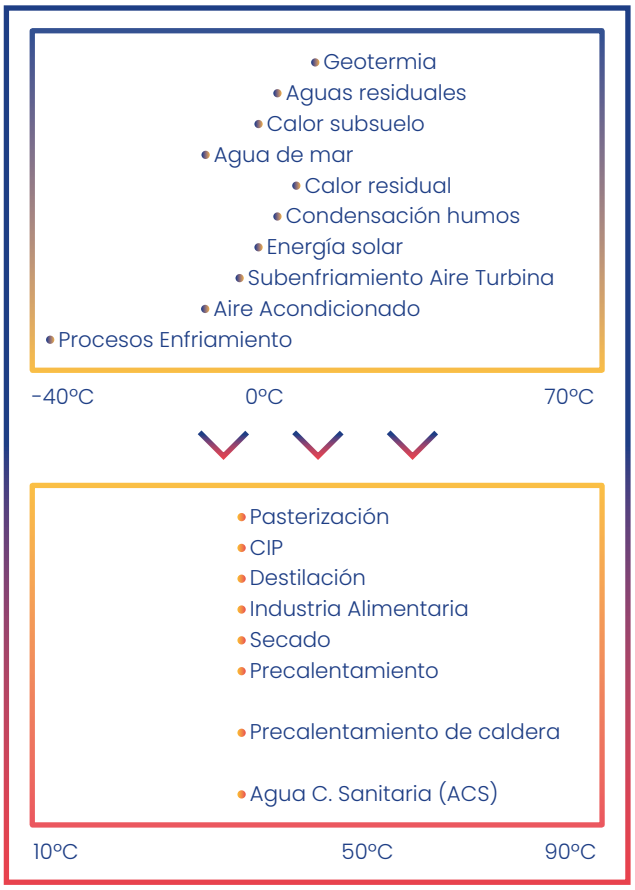
Al estudiar la implantación de una bomba de calor, no solamente debemos evaluar si energéticamente y por reducción de consumo energético es interesante para nuestra instalación. La reducción de emisiones de CO2 debe ser un parámetro para considerar.

Este criterio es fundamental y debería ayudar a la implantación de la bomba de calor en los procesos industriales de calentamiento de agua recorriendo el camino hacia la Transición Ecológica.

5. Posibles aplicaciones de bomba de calor

Como posibles aplicaciones para implementar la bomba de calor, en el sector de la industria, en el siguiente grafico tenemos unas cuantas combinaciones posibles.

Aunque actualmente hay una tendencia creciente en la industria de alimentación y bebidas para la utilización de bombas de calor, en muchos otros sectores no alimentarios también se está incrementando su uso.



6. Digitalización

Actualmente la digitalización (como parte de la Industria 4.0) nos permite incorporar decisiones más lógicas y complejas en los procesos productivos. Permitiendo adaptarnos a las necesidades de la instalación en cada momento y anticipando decisiones. Estos controles nos permitirán producir más eficientemente.

Muchas de estas decisiones lógicas deben estar enfocadas a la optimización de los procesos a través de una mejor gestión del consumo eléctrico de nuestras instalaciones.

El consumo eléctrico no depende solamente de la eficiencia de nuestros equipos, si no de cómo seamos capaces de gestionar la producción, el almacenamiento, adaptarnos a los cambios internos y externos que se produzcan en nuestras instalaciones y aportar soluciones inmediatas.

Para ello, el control, registro, organización y procesado de datos de las instalaciones (Big Data) es primordial. Hasta ahora, se hacía una gestión de la planta por equipo o por línea y no se registraban todos los datos. El realizar una gestión global de la planta analizando todos los datos disponibles, nos ayudará a optimizar su gestión y a poder integrar sistemas inteligentes que simulen diferentes escenarios y generen acciones que permitan un control más eficiente de la planta.

Esta gestión debe ser a medida para cada instalación y debe buscar el aumentar el rendimiento en cada momento. Actualmente en el mercado, las plantas que están innovando y aplicando una gestión inteligente de la instalación, están consiguiendo ahorros entre un 20% y un 40%.

7. Rreflexión final

De todos nosotros depende fomentar estas tecnologías tanto en nuevas instalaciones como complemento en instalaciones actuales, abriendo un nuevo nicho de mercado en el sector industrial.

La industria está evolucionando y buscando como adaptarse a la Transición Ecológica con estas soluciones citadas. Esta evolución está permitiendo que se desarrollen diseños más eficientes y con un mayor rango de temperaturas de bomba de calor y nuevas herramientas de digitalización que permitan realizar una mejor gestión de las necesidades energéticas. En consecuencia, se conseguirán soluciones que reduzcan aún más el consumo energético.

En los países del norte de Europa, donde hay mayores restricciones para la generación de calor con combustibles fósiles, las empresas están adaptando sus procesos productivos para adaptarse a estas nuevas soluciones. Ambas soluciones tecnológicas expuestas son implementadas para ello.

El apostar por la implementación de estas dos tecnologías será una inversión que tendrá un retorno inmediato y nos posicionará un paso adelante en la reducción de consumo energético y de las emisiones de CO2.

Mesa 3 / Comunicación 3

MEDIDAS PARA REDUCCIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO EN LA INDUSTRIA AUTOMOVILÍSTICA

José Ignacio Linares Hurtado. *ICAI, promoción 1992.*

José Luis Becerra García. *ICAI, promoción 1997.*

Juan de Norverto Moriñigo. *ICAI, promoción 1989.*

María del Mar Cledera Castro. *ICAI, promoción 1993.*

Carlos Morales Polo. *ICAI, promoción 2014.*

Ana María Santos Montes. *Investigadora de la Cátedra Fundación Repsol de Transición Energética. Comillas – ICAI.*

Yolanda González Arechaval. *Directora de la Cátedra para la Promoción de la Mujer en Vocaciones STEM. Comillas – ICAI.*

Susana Ortiz Marcos. *ICAI, promoción 1986.*

Carlos Bernabé de Miguel Perales. *Investigador de la Cátedra Fundación Repsol de Transición Energética. Comillas – ICAI.*

1. Introducción

La Cátedra Fundación Repsol de Transición Energética creada en Comillas-ICAI en octubre de 2020 tiene por objeto analizar la descarbonización de la industria. En este primer curso se ha centrado en el sector de la fabricación de automóviles, para lo que ha colaborado con el Centro de Madrid de STELLANTIS, tomándolo como ejemplo de fábrica de automóviles.

Se han desarrollado actividades de reflexión y debate, en las que ha participado Stellantis por parte de los fabricantes de automóviles, junto con Gestamp

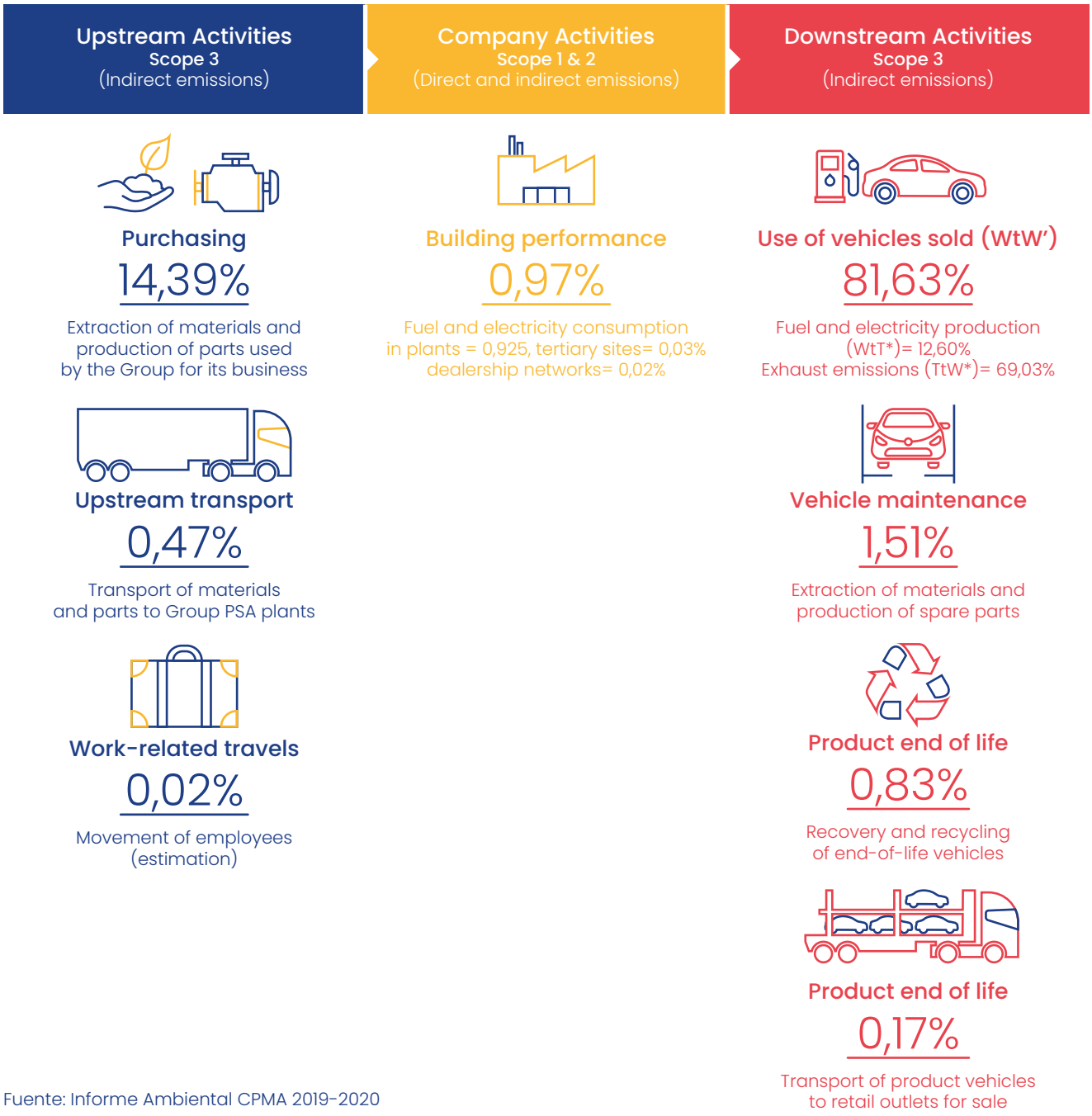
y Grupo Antolín como empresas del sector de componentes. Finalmente, SERNAUTO aportó la visión del sector de los fabricantes de componentes en los terrenos de la sostenibilidad y economía circular.

La Cátedra ha desarrollado investigaciones propias a partir de becas de investigación y Trabajos fin de Grado y Máster, tanto sobre los actuales mecanismos de financiación verde aplicables a la transición energética como sobre el análisis de ciclo de vida (ACV) del sector de fabricantes de automóviles, abarcando desde el estado actual hasta la aplicación de algunas medidas propuestas. Dichas medidas han surgido de una competición propuesta a los alumnos de segundo curso de Máster en Ingeniería Industrial a través de la asignatura Energy Transtition. Todos estos estudios propios aparecen recogidos en los documentos publicados por el Observatorio de la Cátedra.

2. Situación actual del sector

Dado que el objeto de estudio de la Cátedra lo constituye la descarbonización de la industria, se ha aplicado la metodología del análisis de ciclo de vida al

Gráfico 1. 1 Huella de carbono del Centro de Madrid de STELLANTIS.



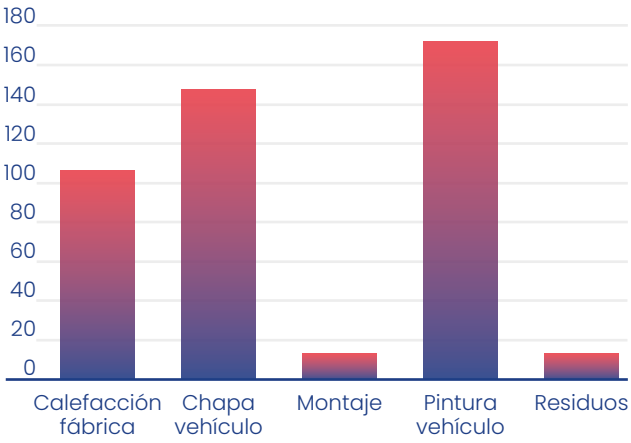
Fuente: Informe Ambiental CPMA 2019-2020

proceso de fabricación en sí, desde las materias y suministros a la fábrica de automóviles hasta que ésta los convierte en un vehículo terminado. Quedan fuera del análisis, por tanto, las emisiones de CO2 producidas durante el uso y el desmantelamiento del vehículo.

Tomando como referencia el Informe Ambiental del Centro de Madrid de STELLANTIS, el proceso de fabricación del vehículo es responsable del 16% de las emisiones de todo el ciclo de vida del mismo, siendo la mayor contribución (casi un 82%) las emisiones debidas al uso (gases de escape y producción del combustible o electricidad que lo alimenta), tal como se refleja en el gráfico 1.

El proceso de fabricación consta de tres fases principales: chapa, pintura y montaje. La Figura 2 muestra los resultados del ACV llevado a cabo sobre la fábrica, donde se incluye también la calefacción de la nave de producción. La huella total asciende a 527 kg CO2eq/vehículo, siendo el mayor impacto el debido al proceso de pintura. Otras fábricas similares presentan mayores valores (834 kg CO2eq/vehículo), lo que da idea de los esfuerzos de STELLANTIS por mejorar la eficiencia desde hace años. Nótese que la calefacción de la nave representa el 20% de las emisiones equivalentes. Como insumos energéticos, la fábrica emplea electricidad con garantía de origen renovable y gas natural.

Gráfico 2.Contribución a la huella de carbono de las diferentes etapas de fabricación de un vehículo (kg CO2 equivalente anual/vehículo).



Fuente: P. Gómez, 2021

3. Medidas propuestas desde el sector

Recientemente, los fabricantes de componentes realizaron una profunda reflexión sobre medidas y buenas prácticas que han venido desarrollando desde hace años, recogidas en el Libro Blanco "Contribución de la industria de componentes de automoción al desarrollo sostenible". Dichas medidas incluyen tanto aspectos de financiación, sociales y de gobernanza, como tecnológicas.

Desde los fabricantes de componentes, el Grupo Antolín presentó en el Seminario de la Cátedra dos iniciativas que han llevado a cabo en economía circular (generando materiales para la construcción y reutilizando rechazos en el propio proceso) y otra sobre sustitución de fibras sintéticas por vegetales. Por otro lado, Gestamp mostró las posibilidades que la digitalización abre para la implantación de mejoras de eficiencia y reducción de consumos, al poder explotar en detalle la ingente información recogida de la actual monitorización de los procesos productivos.

Por lo que respecta a los fabricantes de vehículos, STELLANTIS compartió en otro seminario las medidas que llevan aplicando desde hace años en su Centro de Madrid, que abarcan desde el cambio de luminarias, hasta la introducción de modernos accionamientos eléctricos, pasando por las mejoras en el proceso de pintura, el aislamiento de las naves, entre otras. Además de estas medidas ya establecidas, responsables de su reducida huella de carbono comparada con otras fábricas de referencia (ya comentado), presentaron su hoja de ruta a 2030, centrada en nuevas tecnologías, como el autoconsumo con fotovoltaica mediante la instalación de casi 7 MWp en la cubierta, la producción de hidrógeno verde o la regeneración del agua procedente de procesos mediante ósmosis inversa.

4. Propuesta desde la cátedra

Tras analizar las medidas implantadas en el Centro de Madrid de STELLANTIS se comprobó que no había margen para mejorar le eficiencia eléctrica, pero sí se podía actuar sobre el consumo de gas natural. Un primer bloque de medidas se centró en la recuperación de calores residuales, revalorizándolos mediante bombas de calor industriales. Así, se identificaron

tres focos principales: gases calientes procedentes de la nave de pintura, agua de refrigeración de los compresores y efluentes líquidos a temperatura cercana al ambiente. El conjunto de los dos primeros focos alimentó bombas de calor para precalentar el aire de ventilación/combustión de los hornos de pintura, lo que permitiría evitar 601 toneladas de CO2 anualmente, con un retorno de la inversión de 7,6 años. Respecto al tercer foco emisor, los efluentes líquidos de pintura, su potencial resultó ser muy grande, por lo que se propuso suministrar ese calor residual a una bomba de calor agua/agua para climatizar las oficinas o incluso alimentar una hipotética red de distrito. En el primer caso se evitarían 104,7 toneladas de CO2 al año, con un retorno económico de 8,2 años, mientras que en el segundo se evitarían 399,3 toneladas de CO2 anuales con un retorno de la inversión de 3,1 años. Al analizar las instalaciones se comprobó que la red de aerotermos de la nave estaba sobredimensionada, con lo que se podía reducir la temperatura de operación manteniendo el calor que realmente aportaba a la nave. Con esta medida se evitarían 30,7 toneladas de CO2 al año, sin necesidad de inversión. El conjunto de las tres medidas supondría evitar anualmente entre 9 y 12 kg de CO2/vehículo.

Un segundo bloque de medidas fue la integración de renovables térmicas para reducir el consumo de gas. Por una parte, se proyectó la instalación de colectores Fresnel, capaces de producir aire caliente a los 185ºC requerido por los hornos de pintura. La ubicación de dichos colectores fue un problema, al no poder disponer de espacio en la cubierta dada la planificación para la futura planta fotovoltaica. Ello obligó a diseñar una estructura para montar los colectores en la campa de vehículos. Tras analizar diversas configuraciones, la solución propuesta permitiría evitar anualmente unos 3,9 kg de CO2/vehículo, alcanzando un retorno de 13 años si no hubiese sido preciso diseñar la estructura soporte, que se extiende a 24 años en el caso real de tener que emplearla.

También se valoró el empleo de colectores de tubo de vacío basados en tecnología heat pipe. Al trabajar a menor temperatura, se plantearon dos alternativas para apoyar al gas natural: la red de aerotermos para calefacción de la nave y el aire de ventilación/combustión de los hornos de pintura. La reducción de emisiones anuales resultaría de 1,8 kg CO2/vehículo en el caso de los aerotermos y de 12 kg CO2/vehículo en el de los hornos. Sin embargo, ambas inversiones resultaban económicamente inviables, pudiendo reducir el retorno a 13 años en el caso de los hornos si se contemplaran precios del gas como los actuales, en el entorno de los 50 €/MWh.

El tercer bloque de medidas se ha centrado en la reducción de la huella hídrica. Para ello se propuso el empleo de una planta de ósmosis inversa para tratar los efluentes líquidos del proceso de pintura. Los efluentes tratados se emplearían en el agua de reposición de las torres de refrigeración de los compresores, lo que permitiría ahorrar 22.750 m3 de agua al año, arrojando un retorno de la inversión de 1,3 años. También resultaría rentable la construcción de un tanque de tormentas bajo la campa de vehículos, para integrarlo en la red del Canal de Isabel II. En instalaciones similares el Canal ha corrido con la obra y el mantenimiento de la instalación, compensando al propietario de los terrenos con unos 4 millones de euros. En caso de que el agua almacenable se emplease en la fábrica se ahorrarían 27.000 m3 anuales. Por último, si se emplease la actual red de evacuación de agua de lluvia como sistema de captación se podrían ahorrar 29.133 m3 de agua al año, pero la inversión para llevar a cabo la adaptación, junto con la construcción del depósito necesario, no sería viable económicamente.

5. Finanzas e inversiones sostenibles

La transición energética supone la adopción de medidas tecnológicas que demandan inversiones. Dado el interés social que despierta todo lo relacionado con el medio ambiente y la amenaza que supone el cambio climático, surgen oportunidades para poder financiar tales inversiones. Para tratar de dar a conocer el abanico de posibilidades que se abre, el Observatorio de la Cátedra ha elaborado un informe sobre el tema.

Si bien existe una efervescencia en lo que se viene a llamas “finanzas verdes”, a día de hoy se carece de un marco regulatorio claro, siendo preciso recurrir a criterios y buenas prácticas de organismos internacionales como el International Capital Markets Asso-

ciation (ICMA) o el Asia Pacific Loan Market Association (APLMA). Por otra parte, tampoco está definido qué activo se considera sostenible para invertir en él y cuál no, sobre lo que pondrá luz el reglamento de taxonomía de la UE, actualmente en discusión.

Se entiende por financiación sostenible el entorno, las vías, canales, productos y servicios financieros destinados a facilitar recursos a todos aquellos proyectos empresariales, privados y públicos, municipales y regionales o soberanos, dedicados a combatir el cambio climático, preservar los recursos naturales y dotar al planeta de una economía acorde con los derechos humanos y la justicia, para hacer más sostenible el desarrollo. Tal financiación se puede establecer desde bancos, estableciendo los denominados préstamos verdes, que ligan las condiciones de financiación a la consecución de ciertos indicadores ESG. También existen los bonos verdes, que son emisiones de renta fija de instituciones públicas o privadas que persiguen la financiación de proyectos sostenibles.

En cuanto a las inversiones sostenibles, son aquellas que integran como objetivo principal que la empresa de la cual se obtenga una participación prime los criterios ambientales, sociales y de gobernanza en el estudio, análisis y selección de una cartera de activos. Las estrategias socialmente responsables son una tendencia cada vez más consolidada en las carteras de las gestoras y los inversores particulares, y tiene en los más jóvenes a sus principales promotores, dando lugar a un cambio muy disruptivo en el mundo de las finanzas del que las compañías y los emprendedores deben seguir muy de cerca si quieren captar la atención de los mercados.

6. Reflexión final

La industria del automóvil lleva años implantando mejoras en sus procesos productivos e instalaciones buscando reducir sus consumos, con la consecuencia de la reducción de su huella de carbono. Pese a ello, la evolución de la tecnología permite que aún haya oportunidades de mejora. El trabajo de la Cátedra en su primer año de actividad ha detectado que la valorización de los calores residuales es una medida poco utilizada, pero con gran potencial, especialmente si se aplica a procesos productivos con elevada utilización. Las bombas de calor industriales se muestran como una tecnología viable para tal valorización.

La integración de energía solar resulta viable económicamente en forma fotovoltaica, que podría permitir en un futuro la producción de hidrógeno verde, ya sea para autoconsumo en vehículos internos o para venta al exterior. La solar térmica, aunque con un alto potencial de reducción de emisiones, produce unos retornos de inversión demasiado elevados a día de hoy.

Respecto a la reducción de la huella hídrica, la ósmosis inversa es una tecnología viable económicamente, que permite un importante ahorro de agua. El aprovechamiento de espacios para la creación de tanques de tormentas se muestra con una inversión rentable.

Se ha comprobado en varias de las medidas propuestas (aporte energético a una red de distrito y tanque de tormentas) que una fábrica de este tipo presenta oportunidades para prestar servicios a la localidad cercana, en este caso en forma de climatización y control de inundaciones. De forma similar, la localidad podría suministrar a la fábrica biometano procedente de sus residuos sólidos urbanos y sus aguas residuales. Esta doble integración se alinea con el paradigma de "industria en comunidad", que la Cátedra ha venido proponiendo desde su creación.

7. Referencias

Puede encontrarse más información de la Cátedra Fundación Repsol de Transición Energética de Comillas-ICAI en su página web.

Mesa 3 / Comunicación 4

EL PAPEL DEL HIDRÓGENO DORADO EN LA DESCARBONIZACIÓN DEL SECTOR RESIDENCIAL

José Ignacio Linares Hurtado. *ICAI, promoción 1992.*

Yolanda Moratilla Soria. *ICAI, promoción 1993.*

Eva Arenas Pinilla. *ICAI, promoción 1997.*

1. Introducción

El hidrógeno libre de emisiones de CO2 está llamado a desempeñar un importante papel en la transición energética, especialmente en sectores cuya electrificación resulta compleja, como son la industria altamente intensiva en calor, el transporte pesado, y aquellas industrias que emplean hidrógeno como materia prima. Así pues, en el primer caso el hidrógeno iría encaminado a descarbonizar los procesos de combustión, en el segundo a ser empleado en pilas de combustible[1] para mover los motores eléctricos de los vehículos y en el tercero a reemplazar el hidrógeno gris que se emplea actualmente. Hay otros sectores, como el transporte en vehículos ligeros o el sector residencial donde el hidrógeno compite con el vector electricidad, ambos con ventajas e inconvenientes. Así, en los vehículos ligeros la motorización eléctrica alimentada por electricidad producida con pila de combustible que consume hidrógeno comprimido (los llamados FCEV, fuel cell electric vehicle), presenta la ventaja de mayor autonomía (5 kg de hidrógeno dan una autonomía de más de 670 km en un vehículo de tamaño medio) y un tiempo de repostaje similar al convencional en gasolineras actuales. Otra posibilidad, como transición, es el empleo en los motores convencionales de los llamados

[1] También se estudian alternativas de motor térmico empleando como combustible hidrógeno presurizado o licuado, si bien la eficiencia se reduce considerablemente.

eco-combustibles, consistentes en elaborar gasolina y gasóleo sintéticos a partir de hidrógeno verde y CO2 capturado de procesos industriales, con lo que el combustible resulta neutro en CO2.

En este trabajo se explora la producción de hidrógeno mediante reformado a partir de biometano obtenido de la fracción orgánica de residuos sólidos urbanos. Se trata de una tecnología neutra en carbono, que podría tener emisiones negativas si se capturase el CO2 generado, de la que se evalúa su potencial, así como sus costes de producción, comparándolos con los del hidrógeno verde convencional.

2. Hidrógeno verde

Se define como hidrógeno verde aquel que procede de renovables y por tanto no emite CO2 o es neutro. Mayoritariamente, el hidrógeno verde se entiende producido a partir de energías renovables eléctricas (eólica o fotovoltaica) por electrólisis, si bien también puede obtenerse a partir de biomasa sólida mediante gasificación (se liberaría CO2 biogénico) o pirólisis (liberación de residuo carbonoso biogénico sólido) o de biometano mediante reformado (tratado en detalle en la siguiente sección). Los procedimientos basados en biomasa están recibiendo actualmente menos apoyo que los electrolíticos, en parte debido al desconocimiento y menor potencial, y en parte a la necesidad de buscar alternativas para integrar masivamente las renovables en el mix de generación eléctrica.

Los costes del hidrógeno verde dependen del electrolizador y del mercado eléctrico. En el caso del electrolizador, los del tipo PEM (Proton Exchange Membrane) actualmente se sitúan en unos 1000 €/kWe, con tendencia a alcanzar los 300 €/kWe en 2050 asumiendo un despliegue mundial de 1 TWe. Actualmente presentan un consumo de entre 50 y 80 kWhe/kg de H2, con tendencia a reducirse hasta menos de 45 kWhe/kg de H2 en 2050. Finalmente, su vida útil actual se sitúa entre 50.000 y 80.000 horas, con tendencia de aumentar hasta más de 100.000 horas en 2050 [1].

Respecto al mercado eléctrico, si se conecta directamente el electrolizador a un parque eólico o fotovoltaico se tendrían unos costes energéticos de unos 25 €/MWhe (adjudicación en la subasta de renovables de enero de 2021) y unas horas de operación equivalentes a plena potencia en España de entre 1.800 (fotovoltaica) y 2.200 (eólica terrestre). Si se quieren aumentar las horas anuales de operación del electrolizador se produciría hidrógeno verde "en sentido neto". Para ello se sobredimensiona el parque renovable en un factor de al menos 3, de modo que se vierte a la red la producción renovable cuando se produce y durante 3 veces las horas equivalentes del parque se toma de la red energía para alimentar el electrolizador, que logra así operar unas 6.000 horas al año, reduciendo así su coste de inversión. De este modo, el coste neto de la energía consumida por el electrolizador sería de 25 €/MWhe para un precio de pool de 50 €/MWh o de 55 €/MWhe para un precio medio de pool de 80 €/MWhe, como en el verano de 2021, con previsión de mantenerse algunos años. Con este procedimiento "neto" se emplea la red eléctrica como almacén.

Asumiendo un coste de capital (wacc) del 8% y tasas de actualización nominales del coste energético nulas [1] se obtienen los costes normalizados para el hidrógeno verde dados en la Tabla 1, por encima del hidrógeno gris que se sitúa entre 1 y 2,5 €/kg [1]. Como se ve, el hidrógeno verde en balance neto obtenido a partir de un precio de pool bajo resulta poco más caro que el hidrógeno fósil de mayor coste.

	Eólica en isla	FV en isla	Neto (pool bajo)	Neto (pool alto)
wacc [%]	8	8	8	8
Vida [años]	31,8 a 20	38,9 a 20	11,7	11,7
Factor de amortización [%]	8,76 a 10,2	8,42 a 10,2	13,5	13,5
Uso [horas/año]	2.200	1.800	6.000	6.000
Coste FV o Eólica [€/MWhe]	25	25	- 25	- 25
Coste pool [€/MWhe]	0	0	50	80
Coste normalizado del hidrógeno [€/kg]	3,76 a 4,14	4,16 a 4,73	2,76	4,49

3. Hidrógeno dorado

Como se ha mencionado, se puede producir hidrógeno neutro en emisiones de CO2 a partir de la biomasa. En esta Comunicación se plantea la producción de hidrógeno por reformado con vapor de agua (conocido como SMR) a partir de biometano. Se busca con ello reducir los costes del hidrógeno verde en un escenario de transición hasta que los costes del hidrógeno verde electrolítico se reduzcan (2030 a 2050). El método SMR a partir de gas natural es el que se utiliza masivamente hoy día para producir el hidrógeno que emplea la industria como materia prima. Es por ello que se trata de una tecnología madura, que podría ser neutra en emisiones de CO2 si se reemplaza el gas natural por biometano. En rigor, dicho hidrógeno podría considerarse "verde", por ser neutro en emisiones y proceder de renovables. Aún más, asumiendo que el proceso de captura de CO2 convierte el hidrógeno gris en azul, se puede razonar que si al verde se le retira la componente azul se obtendría amarillo. Aun no habiendo consenso, el color amarillo se reserva para el hidrógeno procedente del mix eléctrico o incluso de la energía nuclear, motivo por que se propone para el hidrógeno obtenido por SMR a partir de biometano con captura de CO2 el color "dorado".

El biometano es un gas renovable que se obtiene a partir de un proceso de mejora (upgrading) del biogás. Así, el biogás presenta un contenido en metano entre el 50% y el 65%, importantes cantidades de CO2 y algunos productos ácidos, como H2S. Retirando dichos productos se obtiene el biometano, con una concentración de metano de más del 90%, que es indistinguible del gas natural en cuanto a propiedades. El biogás se puede obtener con un coste bajo (8 €/MWh-PCI) de la desgasificación de vertederos (el conocido como gas de vertedero), o a un coste intermedio (35 €/MWh-PCI) de la digestión anaerobia de la fracción orgánica de residuos sólidos urbanos (FORSU) o de lodos de estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR) o ya más caro a partir de purines de ganado o de residuos orgánicos de la industria agroalimenticia. Los costes del upgrading varían mucho según el caudal de biogás a tratar, dejando el coste del biometano de EDAR a unos 85 €/MWh-PCI y el de FORSU a 53 €/MWh-PCI. El proceso a partir de gas de vertedero se considera cada vez menos, debido a que existe un calendario para prohibir ese tipo de instalaciones en la UE. A los costes anteriores es preciso añadir los del reformado para obtener hidrógeno, que nuevamente dependen de la escala, y finalmente los de captura de CO2, si aplica [2, 3]. En cuanto al potencial, oscila entre 4 kg de H2 al año por persona usando la FORSU y 1,65 usando los lodos de EDAR, siendo de 2,17 a partir del gas de vertedero [3].

La Figura 1 muestra los costes normalizados (wacc del 8%, vida de la planta de 20 años y nula tasa nominal de actualización) para la producción de hidrógeno mediante SMR a partir de FORSU. En la Figura 2 se ha incorporado la captura de CO2, que muestra una inversión algo mayor y presenta la tasa de CO2 (asumida a 50 €/ton CO2) como un coste negativo, debido al carácter biogénico del CO2 en este caso. Se observa para vertederos que dan servicio a más de 450.000 habitantes un coste del hidrógeno verde de unos 4 €/kg, en línea con el hidrógeno verde electrolítico e incluso menor en algunos casos. En cuanto al hidrógeno dorado (descontando la tasa de CO2), el coste es del orden de 3,5 €/kg, ya por debajo del hidrógeno verde electrolítico, salvo en el caso de hidrógeno verde neto con precio bajo de pool.

La Figura 3 muestra una comparativa de los costes obtenidos en escenarios representativos. Se ha incluido el coste resultante para el hidrógeno fósil (amarillo y azul) empleando el mismo modelo que para obtener el hidrógeno a partir de biometano, con objeto de validar el modelo. De esta figura se desprende que el hidrógeno obtenido por SMR a partir de biometano procedente de FORSU es algo más económico que el electrolítico (salvo en escenarios de bajo precio de pool, a largo plazo), pero la reducción de coste no llega a ser tan grande como para reemplazarlo. Sin embargo, otra es la causa que justifica el empleo del hidrógeno a partir del biometano, y son las emisiones negativas de CO2 si se procede a una captura de este.

En efecto, en el proceso SMR la generación de CO2 es de poco más de 9 kg por cada kg de hidrógeno producido. Ese carbono fue capturado del ambiente originalmente por las plantas que se han convertido en FORSU, de modo que cuando se captura en el proceso de producción de hidrógeno se está retirando del ambiente (emisiones negativas), conside-

Gráfico 1. Costes normalizados de la producción de hidrógeno verde con SMR a partir de biometano procedente de FORSU, para diferentes poblaciones abastecidas por el vertedero [3].

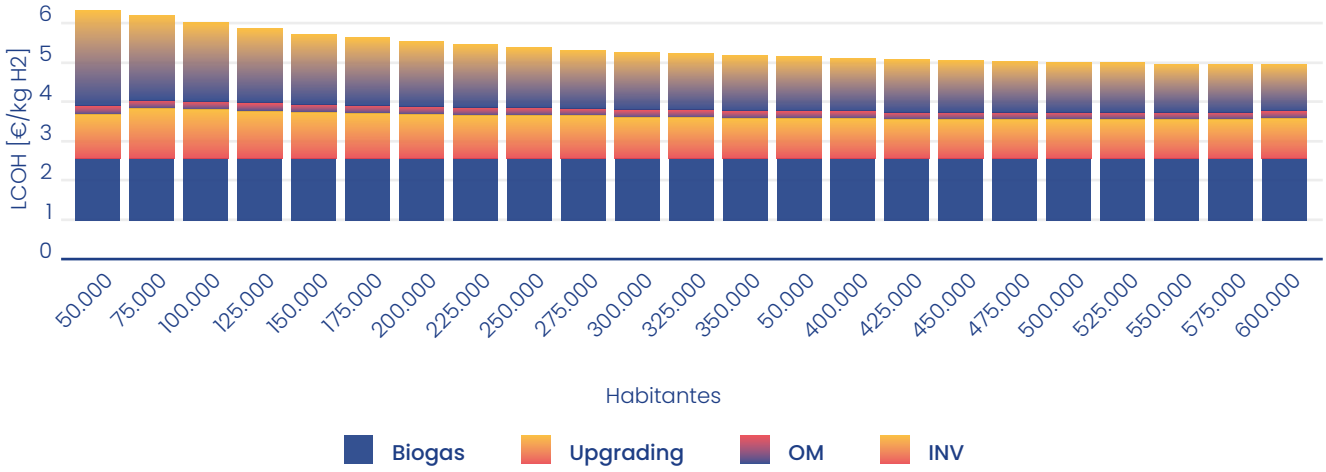


Gráfico 2. Costes normalizados de la producción de hidrógeno dorado con SMR y captura de CO2 a partir de biometano procedente de FORSU, para diferentes poblaciones abastecidas por el vertedero [3].

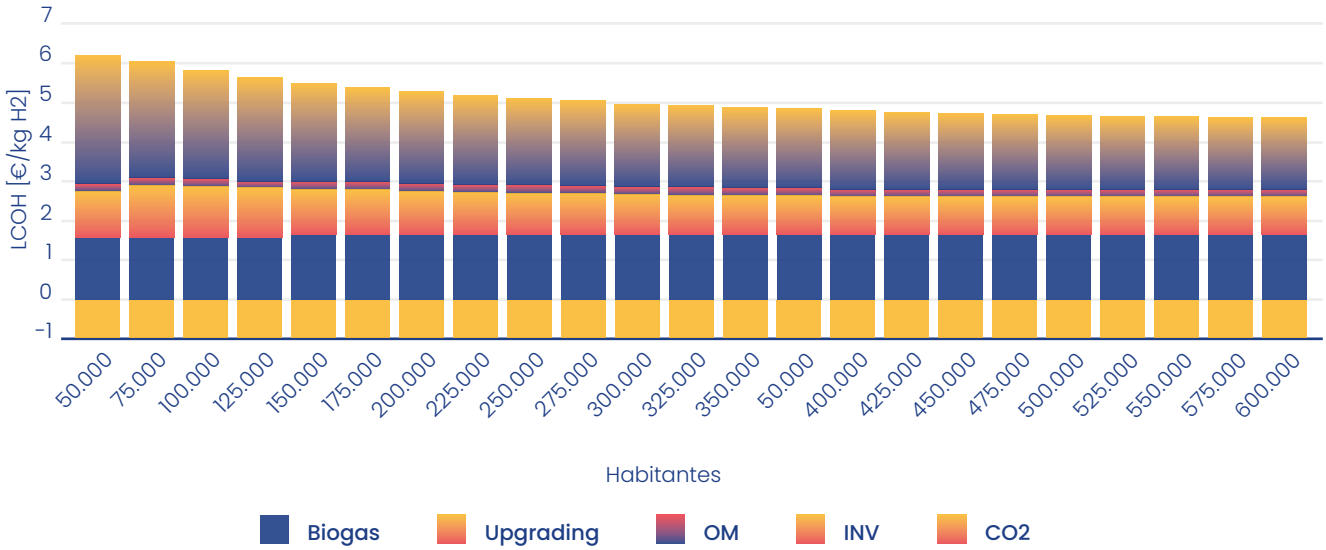
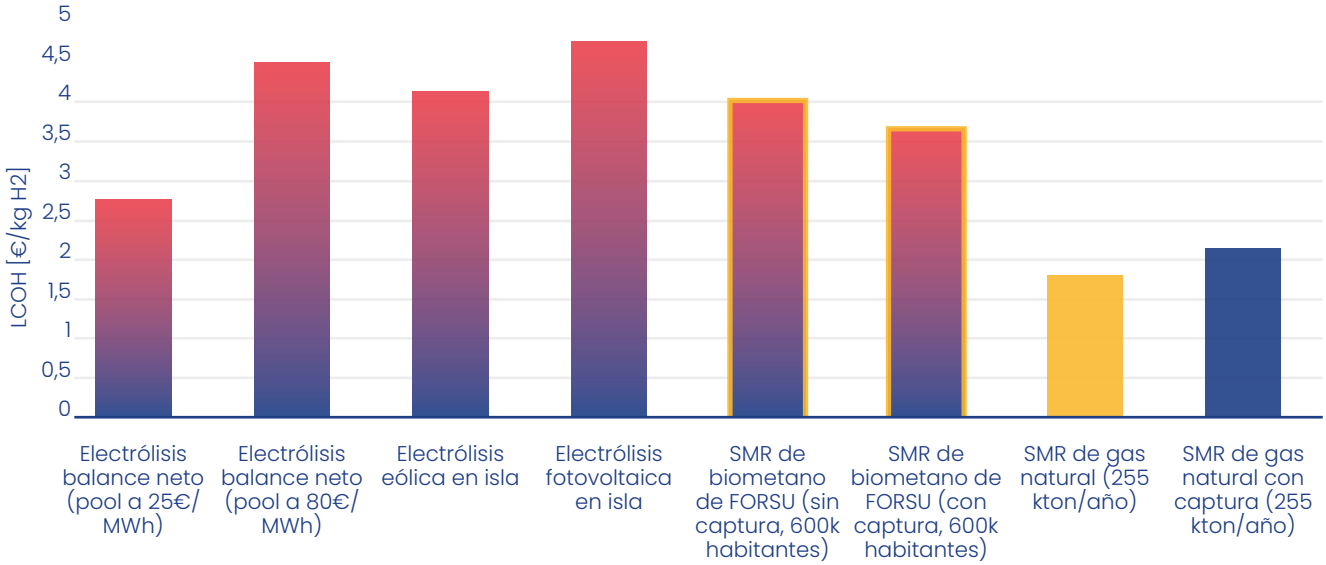


Gráfico 3. Comparación de costes de producción de hidrógeno verde, dorado, gris y azul [3].



rando el proceso global. Más allá de la reducción de costes que supone esta retirada en aplicación de la tasa de CO2 (aproximadamente 1 €/kg, ver Figura 2), lo que da valor al hidrógeno dorado es la retirada de la atmósfera del CO2 captado originalmente por las plantas, produciéndose además hidrógeno como parte el proceso.

Con objeto de valorar el potencial del hidrógeno producido a partir de la FORSU se aplica a la cobertura de la demanda de la flota de autobuses urbanos de Madrid. En las 212 líneas los 2049 autobuses recorrieron en 2018 un total de 100.475.572 km [4]. Si hubiesen sido todos de pila de combustible, y asumiendo un consumo de 12 kg de hidrógeno cada 100 km [5], se hubiesen requerido 12.057 toneladas de hidrógeno. Siendo la población de la ciudad de Madrid de 3.334.730 personas, la producción de hidrógeno a partir de su FORSU habría sido de 13.338 toneladas, suficiente para dar cobertura a la flota de autobuses. En caso de ser hidrógeno dorado, habría supuesto la retirada de la atmósfera de más de 124.337 toneladas de CO2 (37,3 kg de CO2 por habitante en un año).

4. Reflexión final

Se ha presentado el "hidrógeno dorado", una alternativa de origen no eléctrico al hidrógeno verde, y cuyos costes pueden ser comparables con él si se deja neutro en CO2, o incluso menores si se consideran las emisiones negativas del CO2 al capturarlo. El potencial de este hidrógeno no es muy elevado, del orden de 4 kg por persona al año utilizando la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos generados, si bien puede contribuir de manera significativa a algunas aplicaciones concretas, como puede ser la cobertura del transporte público mediante autobuses de pila de combustible.

El punto fuerte del hidrógeno dorado radica en su capacidad para retirar de la atmósfera CO2 (37,3 kg CO2 por persona al año), fomentando además la economía circular.

Referencias

[1] IRENA, Green hydrogen cost reduction, 2020.

[2] A. Feliu, X. Flotats, Los gases renovables. Un vector energético emergente. Fundación Naturgy, 2020.

[3] M. Ameztoy, Producción de hidrógeno a partir de reformado de biometano, Trabajo Fin de Grado, COMILLAS – ICAI, 2021.

[4] EMT Madrid, Informe de gestión 2018.

[5] Daimler, Mercedes-Benz Citaro FuelCELL-Hybrid bus, 2009.

Mesa 3 / Comunicación 5

EL PAPEL DE LA ENERGÍA NUCLEAR EN LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA HACIA LA DESCARBONIZACIÓN

Francisco Suárez Ortiz. *ICAI, promoción 2013.*

1. Introducción

Parece que la nuclear se vuelve a poner de moda. Son tiempos especialmente interesantes para el sector energético por los cambios que globalmente exigirá la esperada transición, motivada principalmente por el reto climático y los objetivos del desarrollo sostenible. Durante los últimos años y en particular estos meses, se está produciendo un alineamiento de los argumentos que orbitan alrededor de la energía nuclear, redescubriendo a muchos sus ventajas. Quisiera destacar tres en esta comunicación: su contribución al cumplimiento de los objetivos climáticos -donde descarbonizar es la verdadera meta-, su potencial para contribuir a precios de electricidad razonables y su contribución a la seguridad de suministro y estabilidad del sistema eléctrico.

Igual que la ciencia nos proyecta la magnitud del reto, debemos basarnos en ella también para diseñar las soluciones, evitando que quede eclipsada por la subjetividad a la hora de definir los planes de acción.

2. Potencial cualitativo de la energía nuclear en la transición energética

La mitigación del cambio climático, seguramente el mayor reto al que nos enfrentamos actualmente requiere la descarbonización de muchos sectores, incluido el energético y en concreto el de la energía eléctrica. Además de una esperada electrificación de actividades y de un incremento global de demanda energética en países emergentes, el camino hacia lo que se conoce como "net zero" (o emisiones netas cero) se debe acometer rápidamente para evitar que el incremento de la temperatura media global supere 1,5ºC. La meta de emisiones netas cero se está fijando generalmente para el entorno del 2050. Existen múltiples vías para alcanzar este objetivo, para el que debe destacarse que, dada la urgencia temporal, todas las tecnologías bajas en emisiones deberían ayudar a remar en la misma dirección, hacia la descarbonización.

La energía nuclear puede aportar mucho de cara a este objetivo, al ser una fuente de alta densidad energética que es además muy baja en carbono (las centrales nucleares no emiten CO2) además de aportar alta disponibilidad, flexibilidad operativa y requerir poco terreno. Si bien es importante que la penetración de generación renovable se acelere, muchos análisis pronostican una presencia de generación nuclear que acompaña y complementa estos esfuerzos para cumplir los objetivos climáticos, como ponen de manifiesto los escenarios del Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC[1]) y la Agencia Internacional de la Energía (IEA[2]). En los cuatro escenarios considerados por el IPCC se considera un incremento de todas las tecnologías bajas en carbono (incluyendo la nuclear) y en el análisis de la IEA se reconoce una contribución significativa de la nuclear hacia emisiones netas cero, aunque mantenga un porcentaje en la generación global modesto (10%) para 2050. Por otra parte, considerando aquellas actividades que a priori son más complejas de descarbonizar, cabe destacar que la tecnología nuclear es una fuente que puede producir el triedro clave: electricidad, calor e hidrógeno, todo ello bajo en carbono.

Idílicamente, sería deseable acometer dicha transición con el menor coste posible. En este sentido, la nuclear puede ser económicamente muy competitiva, especialmente en su operación a largo plazo como concluye la IEA[3]. Al evaluar distintas opciones hacia el "net zero", el llamado coste de oportunidad es algo que conviene tener presente y en nuestro caso, el cierre anticipado del parque nuclear sería un ejemplo. El caso alemán pone de manifiesto la dificultad añadida de reducir emisiones prescindiendo apresuradamente de la generación nuclear. Mirando además hacia el futuro, el alto capital requerido en las centrales nucleares tradicionales se aminora en las expectativas que en este sentido plantean los pequeños reactores modulares y los diseños de reactores avanzados. Parece que las recientes escaladas de precio en los mercados eléctricos, motivadas por el incremento del precio del gas y de los derechos de emisión de CO2, han contribuido a hacer que de los argumentos anteriores se empiece a "tomar buena nota", como comentaremos en la siguiente sección.

Respecto a la seguridad de suministro y estabilidad del sistema eléctrico, los elevados factores de disponibilidad que viene aportando la nuclear, generalmente como generación base, son un gran contrafuerte para el sistema. Con el deseable incremento de generación renovable, el sistema pasará a tener que gestionar mayor intermitencia por lo que será conveniente hermanar a las renovables con su adecuado respaldo (idílicamente bajo en carbono también, lógicamente) y no poner a prueba la resiliencia de la red, que ya vimos este año en Texas. En este sentido, la nuclear se puede combinar con las renovables para cumplir estas condiciones de contorno a la par que asegurar una transición más rápida (diversos nuevos reactores se diseñan con especial énfasis en este acoplamiento).

[1] IPCC, 2018; *"Global Warming of 1.5ºC an IPCC special report on the impacts of global warming of 1.5 ºC above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty"*

[2] International Energy Agency, 2021; *"Net Zero by 2050 A Roadmap for the Global Energy Sector"*

[3] International Energy Agency,2020; *"Projected Costs of Generating Electricity 2020"*

Por supuesto, al igual que todas las tecnologías, la nuclear presenta también sus propios retos. Hacer frente a elevadas inversiones iniciales además de los tiempos de construcción de las grandes unidades es parte de la motivación de los pequeños reactores modulares. La gestión segura del combustible nuclear usado es un tema importante, aunque no se trata de una problemática de volumen y existen soluciones ingenieriles para su tratamiento (concretamente un ciclo de combustible cerrado convertiría gran parte del pasivo de nuevo en un activo, aunque requeriría de inversiones adicionales). El sector nuclear cuenta con personal con un alto grado de formación cuyo relevo generacional requiere adecuada planificación en el medio plazo. Y respecto a la opinión pública, que varía mucho de país en país (e incluso por regiones dentro de un país), se han podido observar cambios como el del partido verde finlandés que ha reflexionado para considerar a la nuclear como energía verde; no obstante, todavía queda labor de diseminación científica hacia la Sociedad para desmitificar muchos estereotipos equívocos asociados al sector nuclear.

3. Breve resumen del panorama nacional e internacional de la energía nuclear

En España, durante los últimos 10 años la energía nuclear ha sido la tecnología líder en cobertura de la demanda eléctrica, cubriendo más del 22% de la demanda anual en 2020. Aunque constituya una proporción modesta en cuanto a potencia instalada (algo más del 6%, formada por los 7 reactores operativos actualmente), gracias a su elevada disponibilidad en términos de energía suministrada contribuye muy significativamente. Ello supuso un tercio del total de electricidad sin emisiones contaminantes. Todos los grupos han obtenido el visto bueno del Consejo de Seguridad Nuclear para la llamada operación a largo plazo (más allá de los 40 años). En este sentido, cabe destacar que la NRC[4] americana ha aprobado a muchas plantas -90% de las operativas- su licencia de operación hasta los 60 años y se analiza considerar hasta más de los 80 también.

Por otra parte, Foro Nuclear ha venido subrayado que el aspecto de la fiscalidad aplicada a la generación nuclear requeriría ser revisado[5]. Adicionalmente, la IEA[6] incluyó entre sus recomendaciones a España "monitorizar la situación financiera de las centrales nucleares para prevenir cierres inesperados o anticipados que pudieran deteriorar la seguridad de suministro" así como "considerar la utilidad de la energía nuclear, incluyendo aplicaciones no-eléctricas, para diversificar las opciones técnicas de cara a alcanzar emisiones netas cero a largo plazo en 2050".

En la esfera internacional actualmente hay 442 reactores operativos en 32 países, siendo los tres países que más tienen EE. UU., Francia y China. Además, hay actualmente 51 reactores en construcción[7], la mayoría en Asia. Adicionalmente alrededor de 30 países trabajan con el organismo internacional de energía atómica (IAEA) para explorar la introducción por vez primera de energía nuclear en su mix[8].

En Europa, se presta atención a la llamada Taxonomía, derivada del "Green Deal", en la que actualmente sigue pendiente la decisión de incluir o no a la nuclear en el listado, aunque el Joint Reseach Centre (órgano científico de la Comisión Europea) haya concluido claramente a favor[9]. No obstante, recientemente la presidenta Von Der Layen[10] ha comentado en relación a la Taxonomía que además de necesitar más renovables, "[...] también necesita-

[4] US Nuclear Regulatory Commission, 2021; "Closure of activity to consider license renewal for 40 years of additional nuclear power plant operation"

[5] Foro Nuclear, 2021; nota de prensa "Foro Nuclear reclama una reducción de la presión fiscal a la que está sometida la energía nuclear"

[6] International Energy Agency, 2021; "Spain 2021 Energy Policy Review"

[7] International Atomic Energy Agency, PRIS Database (consultada 11/2021)

[8] International Atomic Energy Agency, 2021; "Nuclear Energy for a Net Zero World"

[9] European Commission Joint Research Centre, 2021; "Technical assessment of nuclear energy with respect to the 'do no significant harm' criteria of Regulation (EU) 2020/852 ('Taxonomy Regulation')"

[10] Twitter, 22/10/2021

mos una fuente estable, la nuclear, y durante la transición, gas." y el presidente Macron[11], por su parte, que Francia relanzará la construcción de nuevos reactores nucleares y continuará desarrollando energías renovables, con el fin de garantizar su independencia energética, la seguridad de suministro y alcanzar los objetivos de emisiones netas cero en 2050.

4. Reflexión final

La magnitud y urgencia del reto climático requiere un gran esfuerzo por descarbonizar todos los sectores emisores de gases de efecto invernadero lo más rápidamente posible. Por supuesto, debemos ser exigentes con los objetivos de mitigación del cambio climático, pero igualmente debemos ser coherentes y realistas con la elección del plan de acción asociado y en esto la ciencia debe guiar. Razonablemente tienen que estar encima de la mesa todas las tecnologías bajas en carbono de las que podamos disponer ya. Los atributos de la energía nuclear hacen que pueda contribuir claramente en estos esfuerzos, convirtiéndola en un activo muy valioso que además se puede hermanar con el desarrollo de las renovables aportando respaldo. Si verdaderamente estamos a descarbonizar, la función de la nuclear debe continuar: "the show must go on!"

[11] Reuters, 9/11/2021

Mesa 3 / Comunicación 6

CONTEXTO EUROPEO PARA LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA. VÍAS PARA LA DESCARBONIZACIÓN

Luis Alberca Carpintero. *Responsable de regulación, aelēc.*

Pedro González González. *Director de regulación, aelēc.*

Paloma M.ª Sevilla García. *ICAI, promoción 1996*

1. Introducción

El cambio climático es el mayor reto al que se enfrenta la humanidad y su solución pasa por la acción conjunta de todos los agentes. Europa, con su Pacto Verde, se ha reafirmado como el líder en esta lucha, en la que España no se ha querido quedar atrás alineando su Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) a la nueva ambición asumida. El marco que se está configurando en el entorno europeo fija, por tanto, las condiciones para avanzar en el proceso de descarbonización, apostando por la electricidad como el vector protagonista de esta transición gracias a la madurez de las renovables eléctricas y a las redes inteligentes. Sin embargo, la configuración de elementos como los mercados de emisiones, la participación de los sectores difusos, la fiscalidad energética o la creación de un mercado único de la electricidad marcarán las pautas del camino hacia la descarbonización.

2. Energía limpia para todos los europeos

El paquete de energía limpia, provisto de 8 instrumentos legislativos, establece el marco regulatorio europeo actual para, entre otros sectores, el eléctrico hasta 2030.

En primer lugar, cuenta con un reglamento de Gobernanza como elemento clave para el cumplimiento de los objetivos de energía y clima, obligando a los Estados miembros a considerar la estratégica de descarbonización a largo plazo, es decir, a 2050 y aprovechar las sinergias de la cooperación regional con sus vecinos. Asimismo, solicita a los Estados miembros a que evalúen el impacto de sus políticas nacionales en el Régimen de Comercio de Derechos de Emisión (EU-ETS), que es la herramienta clave de la descarbonización de la Unión Europea.

Además, tendríamos la Directiva de Eficiencia Energética, que establece un objetivo indicativo del 32,5% para 2030 y donde se reconocen parcialmente los avances de los sistemas eléctricos europeos en su descarbonización, disminuyendo su factor de energía primaria del 2,5 al 2,1. Y la Directiva de Eficiencia Energética de Edificios, por su parte, supone un cierto avance de cara a poner a punto el parque inmobiliario para su electrificación y para dar cabida al vehículo eléctrico con puntos de recarga.

En lo que se refiere a las energías renovables, la Unión Europea ha asumido un objetivo colectivo vinculante del 32% para 2030, lo que viene a traducirse en una penetración de renovables en el sector eléctrico en el entorno del 50%.

> *...la Unión Europea ha asumido [...] una penetración de renovables en el sector eléctrico [...] del 50%.*

La parte del diseño del mercado comprende cuatro normativas: la Directiva Eléctrica, el Reglamento Eléctrico, El Reglamento de la Agencia de Cooperación de los Reguladores de la Energía (ACER), y el Reglamento de Preparación ante posibles crisis en materia de electricidad. Uno de los principales objetivos de este bloque ha sido situar al consumidor en el centro de la transición energética, dotándolo de herramientas para poder desempeñar un papel activo, como el derecho al autoconsumo y la posibilidad de constituir comunidades energéticas, que deberían competir en igualdad de condiciones, derechos y obligaciones, con el resto de los agentes.

En el ámbito del Reglamento Eléctrico se decidió mejorar los mercados a corto plazo y favorecer un enfoque de mercado en el fomento de las energías renovables, que son, junto a las redes, las piezas claves de la descarbonización del sistema eléctrico. Aunque también reconoce la posibilidad de contar con herramientas para asegurar el suministro a través del uso de mecanismos de capacidad y enviar así señales de largo plazo a las inversiones.

Este paquete fue bien acogido por nuestro país, quien en cumplimento del mencionado Reglamento de Gobernanza, presentó un PNIEC comprometido con ambiciosas contribuciones al cumplimiento del objetivo global, como: un 39,5% de mejora de la eficiencia energética o una presencia de las energías renovables sobre el uso final de energía del 42%, lo que implicaría una cuota de renovables para el sector eléctrico del 74%.

No hay que perder de vista que el objetivo final perseguido con el paquete de energía limpia era establecer las herramientas para lograr una reducción del 40% de las emisiones de gases de efecto invernadero de la Unión Europea respecto del año 1990, para lo que España se ha comprometido a una reducción del 20% de sus emisiones, aunque prevé llegar a un 23% de disminución.

3. Hacia una nueva ambición: FIT FOR 55.

Sin embargo, en diciembre de 2019, la presidenta de la Comisión Europea manifestó su intención de ir más allá y de liderar la lucha internacional frente el cambio climático en respuesta a los llamamientos de la Convención Marco de Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC) y de la comunidad científica. Esta intención se ha convertido en un

compromiso firme de reducir en un 55%, un 15% más, las emisiones de gases de efecto invernadero de la UE respecto de 2030. El compromiso se materializó mediante una actualización de la Contribución determinada de la UE al Acuerdo de París y a través de la primera Ley Europea del Clima (Reglamento).

> *...un compromiso firme de reducir en un 55%[...] las emisiones de gases de efecto invernadero de la UE respecto de 2030.*

Este mes de julio, la Comisión Europea adoptaba un conjunto de propuestas para alinear las herramientas regulatorias con el nuevo objetivo de descarbonización del 55%. Entre las propuestas se actualizaba el instrumento principal de la descarbonización de la Unión europea, el EU-ETS, que pone precio a las emisiones de CO2. En concreto, se rebajaba el límite global de emisiones y se aumentaba su ritmo anual de reducción. Desde su puesta en funcionamiento, el EU-ETS ha conseguido reducir las emisiones de la generación de electricidad y de las industrias de gran consumo de energía en un 42,8% mientras que las emisiones de sectores no incluidos como el transporte por carretera y los edificios no han parado de aumentar. Es por ello por lo que la Comisión ha propuesto establecer un nuevo régimen de comercio de derechos de emisión para la distribución de combustibles para el transporte por carretera y los edificios. Además, se eliminarán los derechos de emisión gratuitos emitidos a la aviación y se incluirá al transporte marítimo en el ETS actual. Además, los edificios, el transporte por carretera y marítimo nacional, junto con la agricultura, los residuos y las pequeñas industrias seguirán siendo objeto de un Reglamento de reparto de esfuerzo reforzado, que tiene que llevar a reducir las emisiones de la UE en estos sectores en un -40%, en lugar de presente objetivo de -29%. Para el caso de España supondría pasar de su actual obligación del -26% al -37,7%.

La Directiva sobre fuentes de energía renovables fijará un objetivo más ambicioso a fin de producir el 40 % de la energía de la UE a partir de fuentes renovables de aquí a 2030. Además, este objetivo global se acompaña de objetivos específicos para el uso de energías renovables en el transporte, la calefacción y refrigeración, los edificios y la industria, resultando especialmente destacable el de la calefacción que por primera vez cuenta con un objetivo vinculante a nivel nacional, en concreto, de un incremento mínimo de un 1,1% anual de consumo final bruto de energía renovable. En el transporte, además de fijarse un objetivo global de reducción del 13% de la intensidad de los gases de efecto invernadero, se fijan cuotas mínimas para el hidrógeno y sus derivados y para los biocombustibles avanzados. Por otro lado, el sector eléctrico agradece el compromiso establecido por la Comisión de elaborar una guía de buenas prácticas para la agilización de permisos de proyectos renovables y las redes asociadas. No obstante, queda a la voluntad de los Estados miembros el uso de tales recomendaciones. En este sentido, se pone de manifiesto que los plazos de tramitación de permisos en España suelen superar en numerosos casos los plazos de ejecución del proyecto en sí.

A fin de reducir el consumo global de energía, la Directiva relativa a la eficiencia energética establecerá un objetivo vinculante más ambicioso del 36/39% en términos de energía final y primaria respectivamente. Para ellos casi duplicará la obligación de ahorro energético anual de los Estados miembros, que a partir de 2024 pasaría del 0,8 al 1,5%.

El régimen fiscal para los productos energéticos, cuya reforma era una asignatura pendiente, se alineará para apoyar la transición ecológica. De este modo, la propuesta para la revisión de la Directiva sobre fiscalidad de la energía propone tipos más reducidos a las tecnologías limpias y elimina las exenciones obsoletas que actualmente fomentan el uso de combustibles fósiles. La electricidad, el hidrógeno y los combustibles avanzados recibirán el tipo mínimo, mientras que a los combustibles fósiles se les asigna un impuesto unas 70 veces superior en su uso en el transporte y 6 veces en su empleo para calefacción.

A fin de atajar el aumento continuado de las emisiones del transporte por carretera, se incluyen medidas adicionales a las ya mencionadas, imponiendo que las emisiones de los vehículos nuevos disminuyan un 55 % a partir de 2030 y un 100 % a partir de 2035 en comparación con los niveles de 2021. Como conse-

cuencia de ello, todos los vehículos nuevos matriculados a partir de 2035 serán de cero emisiones. Asimismo, el Reglamento revisado sobre la infraestructura de los combustibles alternativos exigirá a los Estados miembros que amplíen la capacidad de carga en consonancia con la venta de vehículos de cero emisiones y que instalen puntos de recarga y de repostaje a intervalos regulares en las principales autopistas: cada 60 kilómetros para la recarga eléctrica y cada 150 km para el repostaje de hidrógeno.

> *...todos los vehículos nuevos matriculados a partir de 2035 serán de cero emisiones.*

Asimismo, resulta destacable la puesta en funcionamiento de un nuevo mecanismo de ajuste en frontera del carbono (CBAM), que pondrá precio al carbono en las importaciones de determinados productos para evitar que la ambiciosa acción por el clima en Europa se traduzca en una deslocalización de la producción industrial, haciendo que las reducciones de emisiones europeas no sumen en su contribución global. Los sectores inicialmente objeto del CBAM serán el de la siderurgia, el cemento, los fertilizantes, el aluminio y la generación eléctrica, dejando por el momento fuera a sectores de especial interés en un futuro próximo como el de la producción de hidrógeno. Esta situación podría poner no sólo en riesgo el desarrollo de la producción europea, sino el marco de igualdad entre los vectores energéticos de la transición energética al dar acceso al hidrógeno importado que podría provenir de fuentes de combustibles fósiles. El CBAM que, a efectos prácticos se pondría en funcionamiento a partir de 2026, sería incompatible con las asignaciones gratuitas de derechos de emisión que se retirarían paulatinamente.

Por último, resaltar el nuevo Fondo social para el clima con el que se pretende combatir los efectos del nuevo ETS en el transporte rodado y los sectores calefacción y refrigeración sobre los consumidores vulnerables y las microempresas para así alcanzar una transición socialmente justa. Financiado con cargo al presupuesto de la UE, utilizando un importe equivalente al 25 % de ese nuevo ETS, aportará 72.200 millones de euros a los Estados miembros para el período 2025-2032 para ayudar a costear inversiones en eficiencia energética, nuevos sistemas de calefacción y refrigeración y una movilidad más limpia.

4. Actualización de la visión europea

La Unión Europea, al igual que muchas otras regiones del mundo, se enfrenta actualmente a un fuerte aumento de los precios de la energía. El repunte actual se debe principalmente a la creciente demanda mundial de energía en general, y de gas en particular, vinculada a la recuperación tras la pandemia de la COVID-19.

El gas natural sigue teniendo una presencia importante en el mix energético de la UE. En 2019, la tasa de dependencia de las importaciones de energía de la UE fue del 61 % (56 % en 2000). La elevada dependencia de las importaciones expone a la economía de la UE a grandes fluctuaciones en el precio de los combustibles fósiles.

Según la Comisión Europea, a medio plazo, las fluctuaciones de precios pueden continuar y no puede descartarse que más adelante se produzcan fuertes cambios de manera temporal, ya que es posible que la oferta y la demanda mundiales no siempre se ajusten con fluidez debido a factores geopolíticos.

Por todo ello, la Comisión Europea ha concluido que la UE debe considerar medidas que, sin tener un impacto inmediato en la situación actual, refuercen la preparación ante posibles perturbaciones futuras de los precios, aumenten la integración y la resiliencia del mercado, capaciten a los consumidores, mejoren el acceso a una energía asequible y, sobre todo, reduzcan la dependencia de los combustibles fósiles volátiles. Es por ello que la UE tiene que seguir desarrollando medidas para facilitar un sistema energético con elevadas cuotas de energías renovables, es decir, en resumidas cuentas, proseguir o, incluso, acelerar su transición energética no sólo para evitar un cambio climático desastroso, sino también para precisamente reducir la vulnerabilidad de la UE a la volatilidad de los precios de los combustibles fósiles.

Entre las medidas a medio plazo de actuación y apoyo que la Comisión Europea ha propuesto para hacer frente al aumento de los precios de la energía,

estaría la de aumentar las inversiones en energías renovables. Los Estados miembros tienen por tanto que acelerar la integración de energías renovables y garantizar la ejecución rápida y completa de las inversiones pertinentes en el marco del Mecanismo de Recuperación. Además, deben acelerar la concesión de permisos reduciendo los procedimientos de autorización, que constituyen uno de los mayores obstáculos para el desarrollo y la implantación de infraestructuras de energía limpia. Asimismo, es preciso intensificar las inversiones en redes inteligentes que integren a la energía renovable y eliminen las restricciones del sistema.

El apoyo del almacenamiento de electricidad como herramienta de flexibilidad es otra cuestión clave. Es necesario explotar tanto las opciones de almacenamiento a corto y medio plazo (bombeos y baterías) como las de almacenamiento a largo plazo (conversión de electricidad en otro producto). El aumento del almacenamiento de electricidad, en particular, contribuye a la integración de las energías renovables en el sistema y atenúa los picos de demanda, lo cual también podría reducir los precios de la electricidad durante las horas punta cuando los generadores que utilizan combustibles fósiles a menudo fijan el precio.

Aunque existe un consenso general sobre que el modelo marginal de fijación de precios es el más eficiente para los mercados liberalizados de la electricidad, el más adecuado para fomentar el comercio efectivo de electricidad entre los Estados miembros en el mercado mayorista y que está diseñado a medida para promover la integración de las energías renovables; la Comisión ha encargado a la Agencia de Cooperación de los Reguladores de la Energía (ACER) que evalúe los beneficios y los inconvenientes del actual diseño del mercado mayorista de la electricidad, valorando su capacidad para abordar situaciones de extremada volatilidad de los precios en los mercados del gas y las medidas disponibles para reducir tales situaciones y, al mismo tiempo, garantizar una transición rentable hacia un sistema energético con cero emisiones netas.

En respuesta al mandato de la Comisión, ACER publicaba el 15 de noviembre su informe preliminar a favor del mercado marginalista por considerar que incentiva el despliegue de las energías renovables y proporciona las señales necesarias a las tecnologías y servicios capaces de reducir la volatilidad del mercado eléctrico, como el almacenamiento o la flexibilidad en la demanda. Asimismo, ACER se mostró contraria a la intervención de los precios de la energía por considerar que pone en riesgo la innovación, la competencia y la confianza en los mercados. En particular, una disminución en el número de agentes provocaría precisamente un agravamiento del escenario de altos precios.

En cuanto a las medidas a corto plazo, es preciso priorizar la atención sobre los grupos vulnerables, así como a la industria de gran consumo energético y pymes para evitar repercusiones en la producción, el empleo y los precios. Se trata de ofrecer medidas de compensación y apoyo directo a los usuarios finales en situación de pobreza energética, incluidos los grupos de riesgo, por ejemplo, mediante desgravaciones fiscales, la reducción de los tipos impositivos o cambios en la financiación de los sistemas de apoyo a las energías renovables mediante gravámenes por fuentes ajenas a la factura de la electricidad. Dado que no pueden descartarse nuevos picos en los precios de la energía en el futuro, serán importantes las herramientas e iniciativas destinadas a apoyar una transición justa, como el Fondo Social para el Clima propuesto por la Comisión Europea dentro de su paquete Fit for 55.

En definitiva, la transición hacia una energía limpia es la mejor garantía contra las perturbaciones de precios como la que afronta hoy la UE y la única forma de conseguir una energía sostenible y asequible para todos los consumidores.

> *...la transición hacia una energía limpia es la mejor garantía contra las perturbaciones de precios como la que afronta hoy la UE*

5. Reflexión final

Los objetivos de energía y clima asumidos por la UE muestran la trascendencia de la acción por el clima en el contexto en el que nos encontramos. El desarrollo normativo, ahora reforzado con un objetivo más ambicioso a 2030, pone de manifiesto la apuesta irrevocable por liderar el proceso de transición para alcanzar la neutralidad climática en 2050 y permitir, a su vez, avanzar hacia una economía competitiva, sostenible y resiliente a los efectos del cambio climático.

En este contexto, la electricidad cobra especial protagonismo y se posiciona como el vector de la descarbonización gracias a la madurez de las tecnologías renovables eléctricas y al desarrollo de redes inteligentes que permitirán avanzar en la transición con un aumento significativo de los usos eléctricos al objeto de lograr la plena descarbonización del consumo de energía.

El escenario actual de precios de la energía concluye que el apoyo a las políticas de renovables y descarbonización constituyen la palanca que permite eludir los impactos negativos que aparecen bajo estos escenarios. Las medidas a adoptar pasan, por tanto, por acelerar el proceso de electrificación de nuestra sociedad integrando masivamente renovables que reduzcan la volatilidad que introduce la dependencia de los combustibles fósiles. Sólo así estaremos en condiciones de contribuir de manera decisiva a mitigar los impactos del cambio climático en nuestra sociedad.

Mesa 4

Nacho Vidri / Moderador

Nacho Vidri Salgado estudió Ingeniería Industrial en ICAI especializándose en electrónica. Tras pocos meses trabajando en un banco de inversión en Londres decidió volver a Madrid para lanzar junto a sus socios Pompeii, un marca nativa digital enfocada en el segmento "sneakers". Con un capital inicial de 18.000€, Nacho supo guiar a un equipo de más de 40 personas hasta facturar más de 4M€, captando más de 250.000 clientes, abriendo hasta seis tiendas en España y levantando 1M€ de capital privado.

Hoy, Pompeii es uno de los nuevos referentes nacionales en la industria de la moda y ha recibido varios premios nacionales por sus innovadoras campañas de marketing. Como reconocimiento a su trayectoria en Pompeii, Nacho recibió el premio emprendedor de la asociación de Ingenieros de ICAI en 2019.

Este año Nacho dejó su posición de CEO en Pompeii para embarcarse en un nuevo proyecto de restauración lanzando hace escasos tres meses Brutal Burrito, un concepto fast-food centrado en los burritos mexicanos y en el negocio de delivery. Brutal ya esta en camino de abrir su segunda localización en Madrid y espera poder convertirse en los próximos años en el referente nacional de la categoría.

Mesa 4 / Ponencia 1

EL CAPITAL SEMILLA COMO FACTOR DETERMINANTE EN LA GENERACIÓN DE EMPRESAS DE ALTO CRECIMIENTO E IMPACTO GLOBAL

María Luisa García García. *Presidenta de AABAN (Asociación Andaluza de Business Angels Networks), vicepresidenta de MAS Industria, socia directora de Innwelt, socia y consejera de CyG IT, socia de Smart Protection, Filmijob, Integración Sensorial y Robótica, Bubocar, Openhealthcare.*

1. Introducción

Una de las características comunes que tienen todas las startups de alto crecimiento es su acceso al capital semilla. En esta ponencia se exponen las tipologías y características de este, así como las claves del ecosistema inversor en esta etapa de desarrollo de una compañía de este tipo. Se analizará el papel de España frente a otros ecosistemas y las principales ratios.

Se esbozan las claves para acceder a esta tipología de financiación de un proyecto por parte de las empresas, así como para los profesionales que quieran comenzar a invertir como Business Angel.

En los temas vinculados al emprendimiento, la inversión no queda citada explícitamente, en muchas ocasiones. Sin embargo, la inversión semilla o el seed capital es uno de los factores clave para que se puedan desarrollar startups, crecer y tener presencia global.

Esta temática es de alto interés para el colectivo de ingenieros tanto como emprendedores que desarrollan su propio proyecto, como potenciales inversores ángel que puedan aportar Smart Money (dinero inteligente) a los mismos y contribuir a su éxito.

Adicionalmente una de las características comunes a las empresas de alto crecimiento es el uso de la tecnología con carácter transversal, es decir, se trata sin duda de un ámbito que los ingenieros pueden y deben conocer, con el objetivo de jugar un papel relevante en este sector.

2. Qué es una empresa de alto crecimiento

2.1 DEFINICIÓN

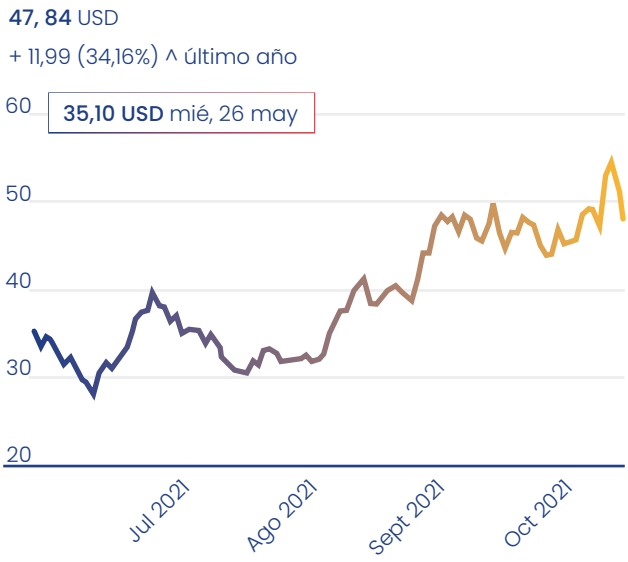
Una empresa de alto crecimiento es un proyecto empresarial fundado en este siglo y que ha sido capaz de desarrollar estrategias para escalar rápidamente y de forma global. En España tenemos ya numerosas compañías de este tipo, destacando significativamente las llamadas unicornios, porque han sido capaces de superar valoraciones superiores a los mil millones de dólares. Entre ellos destacan empresas como Glovo, Cabify o Flyware, esta última nacida en Valencia y englobada en el sector Fintech y que ya cotiza en la bolsa de Nueva York a una valoración superior a los cuatro mil millones de dólares (18/10/21).

Las características generales que definen a este tipo de compañías son:

- Tienen un alto componente tecnológico, utilizando la tecnología de forma transversal en el sector en el que operan.
- Operan en mercados de gran tamaño y tendencia de crecimiento positiva.
- Diseñan sus operaciones con un enfoque de mercado global.
- Cuentan con equipos multidisciplinares, capaces de trabajar en entornos multinacionales.
- Cuentan con inversores en la compañía desde etapas tempranas en su desarrollo.
- Han sido capaces de diseñar una ventaja competitiva clara ante una necesidad de mercado.

Una buena referencia de la madurez de un ecosistema emprendedor es si cuenta con empresas en todas las fases del crecimiento empresarial. Para ello debemos contar con numerosas startups (empresas de nueva creación), compañías que logran crecer y son financiadas por fondos de inversión a nivel nacional e internacional y por supuesto compañías que cotizan en los mercados de inversión, como el caso de Flyware. La pregunta que debemos hacernos es porque compañías fundadas en España, eligen cotizar en otros mercados. No es este el único caso: otro nuevo unicornio surgido este año, Wallbox también ha elegido Estados Unidos para cotizar a través de una SPAC (Special Purpose Adquisition Company).

Gráfico 1. Evolución de valor de la compañía Flyware



Apertura 51,24	**Cap burs** 4935,86 M	**Alto 52s.** 57,41
Máximo 51,60	**PER** -	**Bajo 52 s.** 27,63
Mínimo 46,41	**Rto. div.** -	

Fuente: Nasdaq

2.2 FASES

Una empresa de nueva creación y que se convierte en una compañía de alto crecimiento suele cubrir las siguientes fases:

- Semilla

  Es la etapa en la cual se desarrolla la solución tecnológica, que en principio no es más que un producto mínimo viable, pero que permite validar la necesidad del mercado y las prestaciones de la solución. Llamamos a esto el encaje problema-solución. Esto posibilita la existencia de los primeros usuarios y/o clientes piloto. En esta fase se suele acceder a financiación limitada procedente del entorno de referencia del equipo promotor del proyecto, y en ocasiones de algún inversor privado.

- Desarrollo

  En esta etapa los clientes comienzan a crecer, necesitándose de inversión adicional para financiar ese crecimiento. En esta fase es importante validar el modelo de ingresos y los canales más eficientes para convertir oportunidades en ventas. Es aquí cuando además de los inversores ángel, aparecen los fondos de capital riesgo de etapa temprana.

- Escalado (scaleup)

  En esta fase y una vez optimizado el proceso de captación de clientes, el crecimiento de la compañía empieza a parecerse a la curva de una exponencial. Las sinergias y el efecto red facilitan una expansión global del modelo de negocio y hacen su aparición los fondos de capital riesgo nacionales e internacionales que operan en diversos tamaños de ronda, las llamadas series A, B y C.

- Monetización

  Finalmente, las compañías pueden salir a cotizar en los mercados de capitales, como los ejemplos con los que empezábamos este apartado, suponiendo considerables beneficios para sus inversores, o bien participar en algún proceso de compraventa, siendo habitual que sean adquiridas por compañías de mayor tamaño que valoren su tecnología, su cartera de clientes o la complementariedad de actividades.

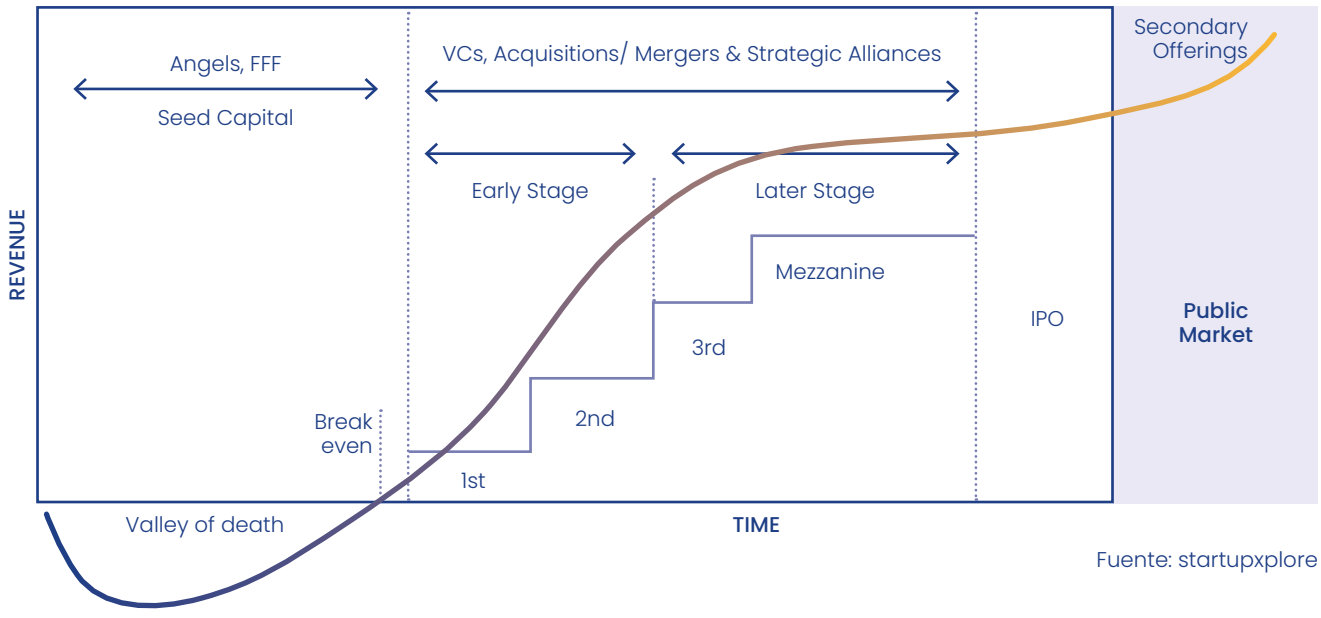
3. Qué es el capital semilla y su caracterización. El proceso inversor

3.1 EL PROCESO INVERSOR

El proceso inversor es aquel que describe todas las etapas necesarias para cubrir el acceso a financiación en forma de entrada de capital en la compañía. Tener contemplado este proceso en las actividades críticas en una empresa de nueva creación con potencial de alto crecimiento es clave para que pueda convertirse en ello. Las fases del proceso de captación de la inversión serían las siguientes:

- Validación de las hipótesis formuladas en el modelo de negocio.
- El plan de negocio: una vez validado el modelo de negocio, es necesario plantear unos objetivos lo suficientemente ambiciosos y diseñar un plan para conseguirlos alcanzar.
- Con ello se obtendrán las necesidades de financiación del proyecto.
- En la fase de captación es importante entender, que tipo de inversor se busca. El encaje de este con el equipo promotor es clave para la escalabilidad del proyecto.
- Para visualizarse es importante acceder a foros de inversión o simplemente plantear el proyecto

Gráfico 2. Fases de desarrollo de una compañía de alto crecimiento



Fuente: startupxplore

directamente a los inversores objetivo a través de sus webs o redes sociales. Una gran herramienta para los emprendedores son las redes de Business Angels que permiten acceder de forma agrupada a muchos de ellos.

- Hay dos cuestiones claves a desentrañar en el proceso de negociación, en primer lugar, la valoración del proyecto (a mayor valoración, menor dilución por parte del equipo promotor). La valoración dependerá en gran medida de la tracción obtenida por el proyecto en forma de métricas. Y, en segundo lugar, el pacto de socios que suele contemplar cuestiones críticas para proteger la posición minoritaria de los inversores.

3.2 DEFINICIÓN DE CAPITAL SEMILLA

El capital semilla es todo aquel capital que accede a una compañía en una etapa temprana de su desarrollo. Es un sector que basa su rentabilidad en el potencial de crecimiento de la compañía por lo cual se trata de un tipo de inversión valor.

El capital semilla es capital privado, no es líquido y puede tener dos formas:

1) Inversores ángel o Business Angels: se trata de individuos con una reconocida trayectoria profesional y una situación patrimonial saneada, que invierten en compañías, aportando además otras cuestiones: su conocimiento del sector, su red de contactos, su experiencia profesional etc. En algunas ocasiones desarrollan una función operativa dentro del equipo y es habitual que formen parte del consejo de administración o del consejo asesor. Este tipo de inversión es individual, ya sea como persona física o a través de distintos vehículos de inversión de su propiedad.
2) Fondos de inversión de etapa temprana: en este caso se trata de inversión colectiva, el equipo del fondo invierte mayoritariamente el dinero de otros participes y suelen tener una gestión profesionalizada. No se involucran en el día a día de la compañía, pero sí suelen formar parte del consejo de administración de la empresa.

3.3 OTRAS FUENTES DE FINANCIACIÓN EN ETAPA SEMILLA

También en los últimos años se han ido popularizando otras fuentes de financiación en etapa semilla, que han complementado la entrada de capital de inversores ángel vía ampliaciones de capital y suponiendo por ello una menor dilución de la participación del equipo promotor. Entre las más populares están:

- Crowdfunding

  El crowdfunding se ha configurado como una alternativa de financiación de proyectos en estado semilla muy significativa. De las cuatro tipologías de crowdfunding que existen, las comunes en esta etapa son el crowdfunding de recompensa, y el crowdfunding de equity. El primero es muy habitual en algunos sectores como los videojuegos, mientras que el segundo en compañías con un modelo de negocio contrastado.

- Cofinanciación pública

  En este caso lo más habitual es encontrar instrumentos públicos, tanto a nivel nacional (ENISA), autonómico (licitación fondos en coinversión de la junta de Andalucía) o municipal (ayuntamiento de Málaga, Promalaga). Pueden ser préstamos participativos y/o participación en coinversión con los inversores privados.

Gráfico 3. El proceso inversor

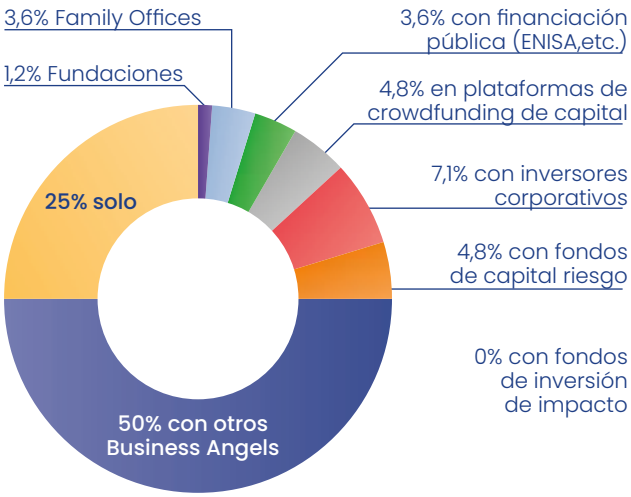
Fuente: María Luisa García

- Fondos de inversión

Existen algunos fondos que invierten en empresas en etapa temprana, aunque no es lo más habitual y en la mayoría de los casos aparecen en rondas de inversión a posteriori.

La existencia de cofinanciación es en general bienvenida por parte de los inversores semilla, ya que facilita una estrategia de inversión diversificada, característica clave debido al alto riesgo de estas operaciones. Como vemos en la figura 4, aunque la gran mayoría coinvierte con otros Business Angels en un 50%, en el resto de los casos aparecen otras fuentes de financiación

Gráfico 4. Cómo invierten los Business Angels



Fuente: AABAN

Gráfico 5. Distribución de unicornios por país

Fuente: Statista

4. El capital semilla como clave para el alto crecimiento: Ecosistemas líderes

4.1 CARACTERISTICAS DE LOS ECOSISTEMAS LÍDERES

Existen varias zonas en el planeta donde la densidad de empresas de alto crecimiento es muy alta. Es por lo tanto relevante estudiar porque y como se produce esta situación y las cuestiones a desarrollar para conseguirlo.

En la figura 5 podemos observar los países con mayor número de unicornios.

Claramente el país con más unicornios per cápita es Israel, superando a Estados Unidos en un 20%. Y eso que esté gráfico de Statista no tiene en cuenta los unicornios fundados por israelitas que ya no están basados allí.

Esta ratio tiene una relación directa con el número de Business Angels activos de Israel, un país de una población similar a Andalucía y con un número que multiplica por quince el número de inversores semillas que forman parte de redes de inversión colectiva de los dos países.

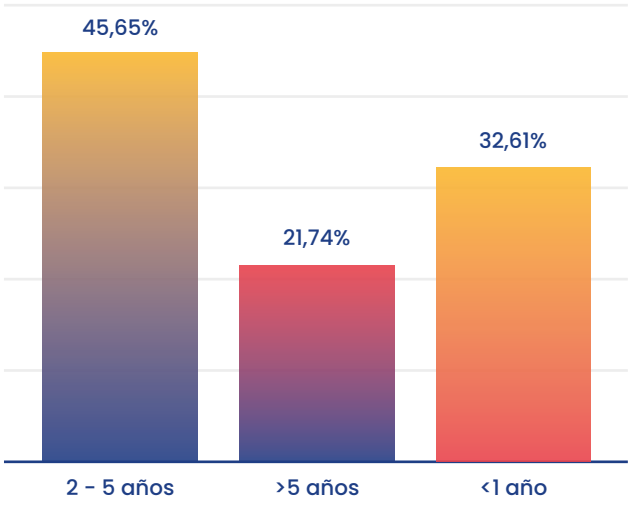
Israel empezó a desarrollar un ecosistema de inversión semilla a finales de los noventa, liderado por Dr Yossi Vardi, que realimentó el ecosistema con los primeros éxitos obtenidos y popularizó este tipo de inversión entre los profesionales.

4.2 LA MEDICIÓN DE LAS REGIONES

Es por ello de vital importante que, entre los indicadores económicos de una región, no sólo se tengan en cuenta los que aluden al número de empresas creadas o su supervivencia, si no también es muy relevante que se monitorice el ecosistema de inversión y en concreto el número de Business Angels operativos en el mismo.

Como se puede observar en los datos proporcionados por AABAN la generación de este ecosistema requiere su tiempo y normalmente es necesario un ciclo de cinco años para tener un inversor a plena capacidad.

Gráfico 6. Antigüedad de los Business Angels en Andalucía



Fuente: AABAN

5. Claves de inversión semilla en una empresa de alto crecimiento: Iinvertibilidad

5.1 INVERTIBILIDAD

Se considera que una empresa de nueva creación es invertible si cuenta con un potencial de crecimiento que multiplique por diez su valor a cinco años. Es ratio de rentabilidad, teniendo en cuenta el riesgo y las fallidas viene a significar multiplicar por tres el rendimiento medio de los mercados de capitales a nivel mundial.

En la siguiente ilustración observamos los niveles estadísticos de retorno de la inversión y la implícita necesidad de diversificar.

Gráfico 7: Distribución de retornos

"Right-Skewed Distribution of U.S. Venture Returns by % of financings in companies going out-of-business, acquired or IPO 2004-2013 n=21,640 financings

Fuente: Dow Jones

5.2 CARATERÍSTICAS DE LA INVERTIBILIDAD EN ETAPA SEMILLA

Esta capacidad de crecimiento viene acompañada de las siguientes características necesarias para escalar un proyecto y convertirlo en una empresa de alto crecimiento.

- Características asociadas a la factibilidad

El primer elemento clave es una necesidad clave del mercado, con una solución a ello, un modelo de negocio claro y validado en etapa temprana, y un equipo con el conocimiento y competencias requeridas para ejecutarlo.

- Características asociadas a la viabilidad

La necesidad debe ser atribuida a un mercado lo suficientemente grande y con tendencia creciente que garantice las tasas de crecimiento requeridas. Así mismo se debe contar con una ventaja competitiva clara y un posicionamiento competitivo determinado para escalar rápido.

- Características asociadas a la invertibilidad

En este aspecto, es importante que la valoración de la compañía en estado semilla sea ajustada a mercado, de manera que exista el potencial necesario para el crecimiento en valor.

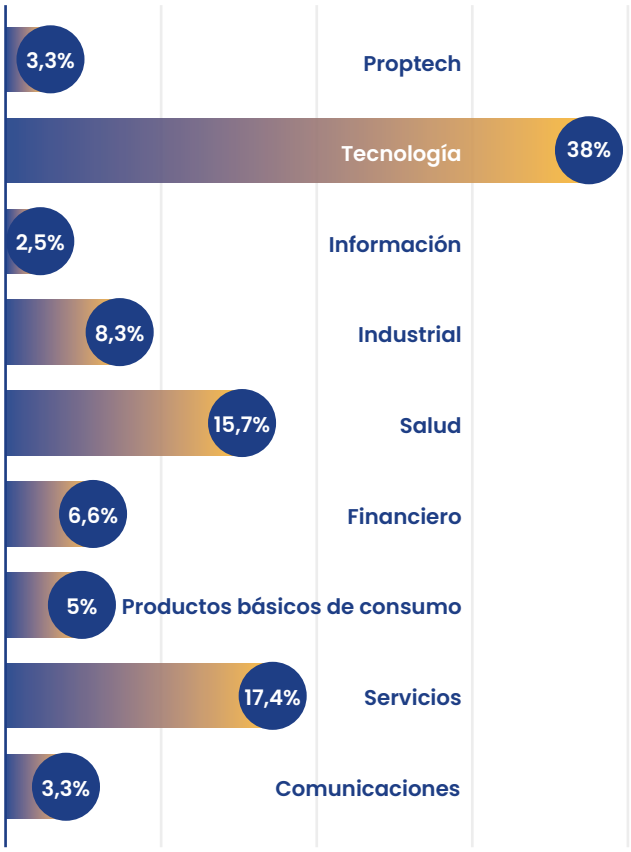
6. El ingeniero como emprendedor Vs. el ingeniero como business angel (inversor ángel)

6.1 EL INGENIERO COMO EMPRENDEDOR

Las empresas de alto crecimiento requieren de la tecnología como una herramienta transversal para su escalabilidad. De hecho, si observamos la ilustración 8, vemos que, aunque este tipo de compañías se dan en todos los sectores, todas surgen en las áreas tecnológicas de las mismas (sector financiero, Fintech, por ejemplo).

Es por ello que el ingeniero es un perfil deseado y requerido por los inversores en el equipo promotor y son raros los casos en los cuales no forman parte de los fundadores.

Gráfico 8. Distribución de inversiones por sector



Fuente: AABAN

6.2 EL INGENIERO COMO BUSINESS ANGEL

Por otro lado, es mucho menos común contar con la figura del ingeniero como inversor, y lo habitual es que los inversores etapa temprana sean de formación económica o financiera.

Sin embargo, la vertiente cómplice del ingeniero con la tecnología, su pasión natural por el avance tecnológico, unido a la experiencia empresarial, la red generada durante gran parte de su carrera, así como la orientación clara a la resolución de problema, lo hacen un candidato idóneo para la inversión inteligente, una vez superado el ecuador de su vida profesional.

7. Conclusiones

En la ponencia se han puesto de manifiesto las siguientes cuestiones:

- El sector de la inversión semilla es clave en la generación de empresas de alto crecimiento, capaces de competir en un mercado global y generar puesto de trabajo de valor.
- Como región, se debe potenciar el desarrollo del ecosistema en etapa temprana y observar las claves del éxito de ecosistemas líderes.
- El colectivo de ingenieros está llamado a jugar un papel relevante tanto como emprendedores que desarrollan su propio proyecto, como potenciales inversores ángel que puedan aportar Smart Money (dinero inteligente) a los mismos y contribuir a su éxito.
- Una de las características comunes a las empresas de alto crecimiento es el uso de la tecnología con carácter transversal, es decir, se trata sin duda de un ámbito que los ingenieros pueden y deben conocer, con el objetivo de jugar un papel relevante en este sector.

Bibliografía

LIBROS Y DOCUMENTOS:

- "Perfil del Business Angel en Andalucía". AABAN y Promalaga. 2020
- Benjamin Graham. El inversor inteligente. Clásicos Deusto de Inversión
- La educación del inversor en valor. Guy Spier. Deusto
- "Informe anual Asociación de Capital Riesgo". ASCRI 2020
- Blank, S. G. (2006). The Four Steps to the Epiphany. Foster City, Calif.:
- Cafepress
- Blank, S. G., &Dorf, B. (2012). The startup owner's manual: the step-by- step guide for building a great company. Pescadero: K&S Ranch.
- Blank, S. G. (2013). Why the Lean Start-Up Changes Everything. Harvard Business Review.
- Aulet, B (2013). La Disciplina de Emprender. 24 pasos para lanzar una startup exitosa. LID Editorial.
- Cornella, A. (2013). Cómo innovan los mejores. ideas x valor = resultados.
- Editado por Zero Factory SL
- Cooper, B., & Vlaskovits, P. (2010). The Entrepreneur's Guide to Customer Development:
- A cheat sheet to The Four Steps to the Epiphany.
- Croll Alistair & Yoskovitz Benjamin (2013). Lean Analytics: Use Data to Build a Better
- Startup Faster. The Lean Series. CA: O'Reilly.
- Cooper, B. & Vlaskovits, P. (2014). El Emprendedor Lean. Unir Editorial. [9] Gothelf Jeff&Seiden Josh (2013). Lean UX: Applying Lean Principles to
- Improve User Experience. The Lean Series. CA: O'Reilly.
- Martin, R. (2009). The design of business: why design thinking is the next competitive advantage. Boston Mass.: Harvard Business Press.
- Maurya, A. (2012). Running Lean: Iterate from Plan A to a Plan That Works. Sebastopol, CA: O'Reilly.
- Osterwalder, A., &Pigneur, Y. (2015). Diseñando la Propuesta de Valor. Cómo crear los productos y servicios que tus clientes están esperando. Deusto
- Osterwalder, A., &Pigneur, Y. (2010). Business Model Generation: A Handbook for vVisionaries, Game Changers, and Challengers. Hoboken: Wiley.
- Ries, E. (2011). The lean startup: how today's entrepreneurs use continuous innovation to create radically successful businesses. New York: Crown Business

Maria Luisa García

María Luisa García García es ingeniera industrial, máster en Redes de Telecomunicaciones, cuenta con estudios de doctorado y es diplomada en Alta Dirección, diplomada en Buen Gobierno Corporativo por el Instituto de Consejos y Administradores y Coach Ejecutivo.

Es presidenta de AABAN (Asociación Andaluza de Business Angels Nwetworks) y socia de numerosas empresas vinculadas a la nueva economía como C&G IT Sustainable Tech, Filmijob, Smart Protection, Bubocar, Openhealthcare, Innwelt entre otras.

Es vicepresidenta de MasIndustria (Asociación para la promoción de la industria en Andalucía) y fue fundadora de Ad4kids, vendida en 2015 a la multinacional británica Superawesome Ltd., y socia de QaShops, vendida a VentaPrivee / Privalia en 2018.

Fue socia fundadora de Southup Ventures vinculada a empresas como Chekin, DNAactive, MOX entre otras.

Adicionalmente ha desarrollado su carrera profesional en Alemania, Inglaterra y España, en el ámbito de la tecnología, habiendo sido Directiva de Siemens, Lucent Technologies, el operador de telecomunicaciones Supercable, Auna y de la Agrupación Empresarial de Sevilla, además de Emasesa.

Participa y ha participado en distintos consejos de administración de empresas tecnológicas, Asociaciones y Patronatos de Fundaciones vinculadas a la tecnología y la innovación desde hace más de 20 años.

Es profesora de la escuela de negocios EOI en el ámbito de Modelos de Negocio e inversión Semilla.

Le apasiona transformar ideas en modelos de negocio rentables, escalables y recurrentes.

Mesa 4 / Ponencia 2

TELETRABAJO Y SU EFECTO EN LA PRODUCTIVIDAD, CALIDAD DE VIDA Y SALUD DE LOS TRABAJADORES

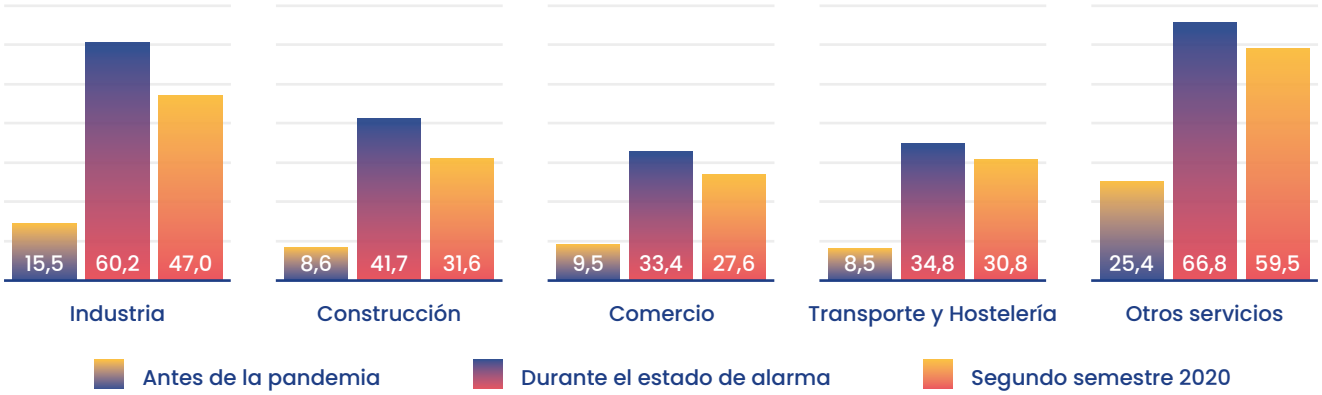
Ignacio Fontaneda González. *Director departamento ingeniería de organización. Universidad de Burgos.*

1. Introducción

El porcentaje de ocupados que trabajan desde casa en España ha crecido en los últimos años, pasando de un 2,5% en 2009 a un 4,8% en 2019, según estimaciones del INE (Instituto Nacional de Estadística). Este porcentaje se puede haber llegado a triplicar en 2020 con la llegada de la pandemia, acercándonos a los porcentajes de la media europea pre-pandemia del 17% (Eurofound-OIT, 2019).

La Administración y las empresas han implementado el teletrabajo como medida de seguridad ante el Covid-19 y como forma de mantener su actividad económica (Belzunegui-Eraso & Erro-Garcés, 2020).

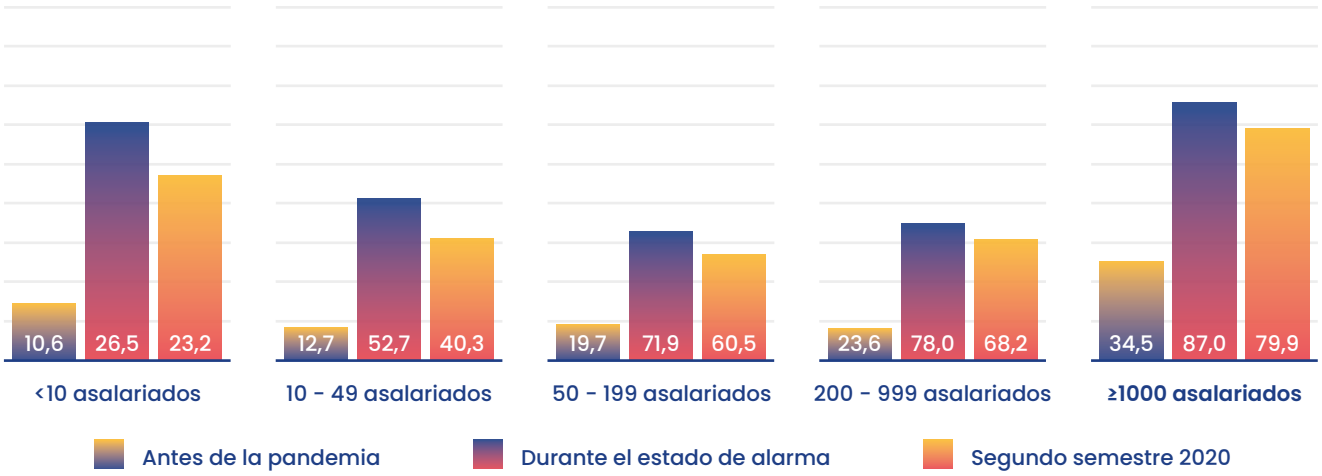
Gráfico 1. Porcentaje de establecimientos que utilizan teletrabajo por sector de actividad



Fuente: INE; nota de prensa mayo 2021

El porcentaje de establecimientos que utilizaron el teletrabajo aumentó, en todos los sectores de actividad, durante el estado de alarma. Aunque descendió tras el estado de alarma, el número se ha triplicado con respecto a antes de la pandemia (figura 1). Como cabía esperar, existen diferencias en la extensión del teletrabajo entre distintos sectores, dado que la actividad presencial es esencial en determinados trabajos. También existen diferencias en el porcentaje de la plantilla que lo utiliza, siendo del 49,4% en otros servicios y del 23,5% en la industria. El teletrabajo tiene un mayor potencial en entornos de trabajo basados en resultados e intensivos en tecnología, con empresas que tengas diversas localizaciones o en la Administración Pública.

Gráfico 2. Porcentaje de establecimientos que utilizan teletrabajo por tamaño de establecimiento

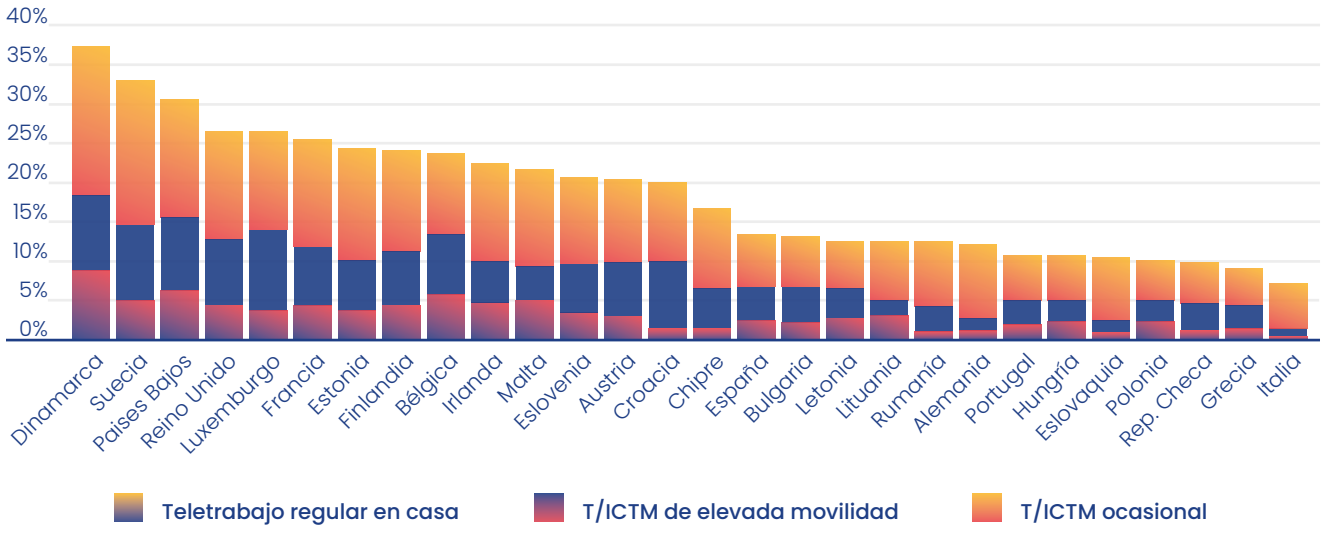


Fuente: INE; nota de prensa mayo 2021

Este aumento se produce para todos los tamaños de empresa, siendo mayor para las empresas más grandes (figura 2). La proyección es que el teletrabajo siga creciendo, especialmente entre los trabajadores del conocimiento.

Algunos trabajadores realizan el teletrabajo desde casa, de forma regular; otros tienen una elevada movilidad (trabajadores nómadas), cambiando frecuentemente de lugar de trabajo, conectados de manera constante; mientras otros lo realizan solo de forma ocasional.

Gráfico 3. Teletrabajo en Europa 2015



Fuente: Eurofound-OIT, 2019

El potencial de crecimiento del teletrabajo en España es alto (figura 3), según datos de 2015, España estaba en la media de la Unión Europea, aún lejos de otros países (Eurofound-OIT, 2019). Parece que el teletrabajo seguirá creciendo, presentando riesgos y oportunidades, ventajas e inconvenientes (Felstead & Henseke, 2017).

Los nuevos teletrabajadores derivados de la Covid-19, se enfrentan al cambio de entorno, y el miedo asociado a la pandemia, con estrés asociado. En estas situaciones los trabajadores intentan diferentes estrategias para afrontar los cambios y las dificultades (Polizzi, Lynn, & Perry, 2020).

2. El teletrabajo desde la perspectiva del modelo Demandas-Control-Apoyo

Según el modelo Demandas-Control, el trabajador percibe que las demandas del trabajo (mayor exigencia), con un menor control se produce un riesgo de malestar psicológico y físico (R. A. Karasek, 1979; R.A. Karasek & Theorell, 1990). Complementando este modelo, en el modelo Demandas-Control-Apoyo (Johnson & Hall, 1988), el apoyo social puede reducir el estrés laboral y aumentar la satisfacción y el bienestar de los trabajadores, de manera directa o bien amortiguando las situaciones estresantes de altas demandas (López-Araújo & Osca Segovia, 2011).

El estudio del efecto combinado de demandas, control y apoyo social del entorno ha sido numeroso (Hausser, Mojzisch, Niesel, & Schulz-Hardt, 2010; Van der Doef & Maes, 1999). Las altas demandas se han asociado a riesgo cardiovascular, estrés, malestar, efectos somáticos (van der Doef & Maes, 1998), entre otros. El control y el apoyo parecen amortiguar los efectos de las altas demandas de trabajo, aunque esta amortiguación no es siempre significativa (Van der Doef & Maes, 1999).

En cuanto a la percepción de las **demandas** del teletrabajo, las fronteras de espacio y tiempo se diluyen. Hiperconectados, se puede trabajar en cualquier lugar y momento, lo que puede dificultar la desconexión y la recuperación, cuando la jornada laboral no tiene límites claros.

Adaptarse a una nueva forma de trabajar (gestión del cambio) y la tecnología asociada, que obliga a nuevos aprendizajes, puede percibirse como una carga más y producir estrés por el cambio y estrés por las nuevas tecnologías y la sobrecarga de información.

Los teletrabajadores tienden a trabajar más horas, aunque tienen una mayor flexibilidad para organizarlas (Eurofound-OIT, 2019). En España, según la Encuesta Nacional de Condiciones de Trabajo trabajan más de 40 horas semanales: el 19% de los que trabajan en las instalaciones de la empresa, el 24% de los que trabajan en casa y el 33% de los que trabajan en otra ubicación. El menor tiempo de desplazamiento puede convertirse en mayor tiempo de trabajo. Se desdibujan los límites entre el tiempo de trabajo y de ocio, lo que puede ocasionar tensiones entre el trabajador y la organización. También se dificulta el cálculo de las horas trabajadas, haciendo más obsoleta la gestión por tiempo (a pesar de la obligación legal de recoger los tiempos de trabajo).

El excesivo tiempo de trabajo, junto con la intrusión frecuente de los supervisores (micro-gestión) está asociado con una menor felicidad, un amento en la ansiedad y la depresión (Magnavita, Tripepi, & Chiorri, 2021).

Cuadro 1. Demandas del teletrabajo

- Dilución de fronteras espacio y tiempo de trabajo.
- Cambio en la forma de trabajar y tecnología asociada.
- Sobrecarga de información.
- Tendencia a trabajar más horas. Tiempo de desplazamiento se dedica a trabajo.

Respecto al **control**, la percepción de control por parte del trabajador amortigua el estrés laboral, mejora la satisfacción en el trabajo y puede llevar a una mayor productividad. El teletrabajo puede mejorar esta variable, si existe flexibilidad e influencia para establecer los momentos de trabajo. Para ello deben existir objetivos claros, que no cambien a cada instante y que permitan al trabajador organizarse en el trabajo y este en relación con su vida.

Poder determinar el horario de trabajo tiene efectos positivos en salud y productividad, aunque una menor regularidad, trabajar los fines de semana o por la noche y cargas impredecibles pueden tener el efecto contrario. El teletrabajo se asocia a posibles trastornos del sueño.

Como hemos visto, el teletrabajo supone una mayor presión de tiempo lo que lleva a un menor control percibido sobre ese tiempo, especialmente en el caso de tener niños pequeños que atender (E. Thulin, B. Vilhelmson, & M. Johansson, 2019; Eva Thulin, Bertil Vilhelmson, & Martina Johansson, 2019).

En España existe una cultura de presentismo, donde se supone que el que está trabaja, que poco a poco se va superando. La presencia permite que el jefe supervise cada tarea y pueda cambiar continuamente las prioridades (micro-gestión). La micro-gestión, especialmente con los trabajadores más cualificados, erosiona la motivación y la productividad, limitando la iniciativa y la satisfacción en el trabajo (Bathini & Kandathil, 2020).

El desarrollo de la gestión por objetivos se sostiene en el **desarrollo de la confianza**, con una menor supervisión y mayor flexibilidad (y control) para el trabajador. La confianza se sostiene y desarrolla cuando creemos que el trabajador va a hacerlo lo mejor que pueda (intenciones) y creemos en su competencia, en su habilidad para conseguir resultados (Covey & Merril, 2011). Para el teletrabajo es, si cabe, más importante el desarrollo de la confianza, siendo la desconfianza un gran lastre.

En la percepción de control influye una adecuada formación en nuevas tecnologías. Sin las **competencias digitales** adecuadas para el teletrabajo, el trabajador encuentra dificultades, baja su desempeño, aparece la frustración y el denominado tecnoestrés. **El teletrabajo exige una formación intensa, frecuente y de calidad**. Más importante aún si cabe en entornos actuales VUCA (Volátil, Incierto-Uncertainty, Complejo, Ambiguo).

> *Para el teletrabajo es [...] más importante el desarrollo de la confianza...*

Cuadro 2. Control en el teletrabajo

- Objetivos claros, no cambiantes, permiten al trabajador organizarse.
- Menor presentismo (micro-gestión) y más gestión por objetivos.
- Desarrollo confianza: intención (querer) + competencia (saber) = resultados.
- Formación intensa, frecuente y de calidad.

En cuanto al **apoyo** social, con mayor teletrabajo se pierde la interacción en el lugar de trabajo, junto con la comunicación informal que ayuda a resolver muchos problemas. Se dificulta el apoyo emocional de compañeros y supervisores, además de las dificultades para encontrar apoyo instrumental ante los problemas (conocimiento adecuado).

Uno de los problemas del teletrabajo y la menor interacción en la oficina es el posible aislamiento, que lleva a la desafección y falta de compromiso con el lugar de trabajo. La organización debe desarrollar buenos sistemas de **comunicación,** que mantengan el vínculo y la sensación de pertenencia, favoreciendo el espíritu de equipo y evitando la soledad, que se está considerando como otra pandemia de nuestro tiempo (Ruiller, Van Der Heijden, Chedotel, & Dumas, 2019).

La reducción de la comunicación informal y la **retroalimentación** presencial, en cuanto al desempeño, puede dificultar el conocimiento de lo que es un buen trabajo, la adaptación a las necesidades de la empresa y el aprendizaje. Establecer sistemas de feedback formal es más importante en caso de la distancia física por el teletrabajo.

El teletrabajo también puede favorecer el apoyo en casa y la conciliación de la vida laboral y personal, aunque los resultados son ambiguos. La falta de límites claros, de tiempo y lugar, puede suponer la invasión de la esfera personal por el trabajo (conflicto trabajo-familia) o del trabajo por la vida personal (conflicto familia-trabajo).

Los trabajadores que opten por espacios de coworking también pueden encontrar apoyo en trabajadores de otras empresas (Walden, 2019).

Cuadro 3. Apoyo en el teletrabajo

- Apoyo emocional.
- Apoyo instrumental: ayuda para la resolución de problemas.
- Establecer canales de comunicación: vínculo, pertenencia y espíritu de equipo.
- Retroalimentación que permite saber si vamos por el camino correcto.
- Apoyo personal fuera del trabajo afecta a la percepción: familia y amigos.

3. Otros aspectos a tener en cuenta

No todas las empresas estaban preparadas para el teletrabajo ni tenían el suficiente desarrollo digital antes de la pandemia, muchas han incorporado herramientas de forma rápida (videollamadas, archivos compartidos, VPN, aspectos de **ciberseguridad**) y han establecido protocolos de comunicación y gestión de equipos. Este impulso facilita la expansión del teletrabajo y su mantenimiento.

Los **espacios** de trabajo también están cambiando, adaptándose a la nueva realidad:

- Por una parte, la empresa necesita contar con menos espacio (menos metros cuadrados; menos gastos generales como calefacción, menos aparcamientos) y gestionarlo de otra manera. Cuenta con espacios más flexibles y polivalentes, mesas compartidas, sistema de reserva. Incluso se puede llegar a compartir espacios con otras empresas.
- El trabajador asume la responsabilidad de encontrar un espacio adecuado para trabajar, en casa o en oficinas compartidas (satélite de la empresa, espacios de coworking, etc.). La empresa puede apoyar al trabajador en esta necesidad.

El **espacio adecuado** facilita establecer límites entre el trabajo y la vida personal. Por ejemplo, no siempre es fácil mantener la puerta cerrada y que los niños no entren, o establecer cultura en el hogar de no interrumpir el tiempo de trabajo. El espacio y las formas de relación cambian.

No contar con espacios adecuados puede provocar la **invasión de la intimidad** del trabajador (eun joo, 2020), como hemos podido ver en las reuniones mantenidas durante la pandemia, con mucha gente en casa, donde la cámara se mete en el espacio personal.

Las video-llamadas y las video-reuniones a través de Zoom, Teams y otras aplicaciones puede llevarnos a lo que se ha denominado **fatiga de Zoom** (Roessler, Sun, & Gloor, 2021): al perder gran parte del lenguaje no verbal, se mira constantemente la pantalla (para mostrar interés), se está pendiente de la propia imagen (pasamos gran parte del tiempo mirando nuestra propia imagen) y de los entornos o fondos de los demás, además de estar más tiempo quietos en la silla, en ocasiones en posiciones forzadas. La empresa y el trabajador pueden influir en regular el tiempo de reunión y el número de reuniones, lo que influirá en la fatiga. Con la experiencia, estas reuniones serán más eficaces, con la adaptación de las personas y también de la tecnología. Ahora tenemos menos viajes y más reuniones virtuales.

Más allá del espacio, se necesita contar con la **tecnología** para el desempeño en el trabajo, con nuevos protocolos para determinar el equipamiento necesario, su dotación y renovación.

Uno de los principales problemas que surgen es el aumento de los trastornos músculo-esqueléticos y la fatiga visual (Gonzalez-Menendez, Jesus Lopez-Gonzalez, Gonzalez Menendez, Garcia Gonzalez, & Alvarez Bayona, 2019). Dotar de **mobiliario y pantallas** a los trabajadores, junto con pautas de descanso y desconexión, reducirá los problemas asociados y las pérdidas, tanto para el trabajador como para la empresa.

Trabajar desde casa también está asociado a un mayor sedentarismo y más visitas a la nevera, lo que puede llevar a hábitos de vida poco saludables. Establecer pautas de ejercicio personalizadas tiene impacto en la satisfacción laboral, la productividad y un buen balance vital (Almarcha, Balague, & Torrents, 2021).

En ocasiones la **desconexión** se dificulta ante la necesidad de estar constantemente informado, ligando con la necesidad de éxito o el miedo al fracaso, lo que puede llegar a generar tecno-adicción. La falta de límites de espacio y tiempo facilita la adicción al

trabajo (Magnavita et al., 2021). La adicción al trabajo está bien vista por parte de nuestra sociedad, ya que lleva a resultados profesionales, especialmente en el corto plazo y su precio se paga en el largo plazo. El derecho a la desconexión ha generado y generará un gran debate.

Cuadro 4. Otros aspectos a tener en cuenta

- Flexibilidad y polivalencia espacios en las empresas. Menor coste.
- Adecuación espacio en casa + mobiliario, pantallas y tecnología.
- Cuidado de la intimidad y fatiga por Zoom (video-reuniones).
- Hábitos saludables para prevenir sedentarismo.
- Tecno-adicción, adicción al trabajo, derecho a la desconexión (R2D).

4. Riesgos del teletrabajo

Los límites entre trabajo y vida personal se difuminan, aumenta la posibilidad del conflicto de rol, el trabajo puede invadir la vida o la vida puede invadir el trabajo. El tipo de conflicto depende no solo del trabajo, la situación y personalidad del trabajador influye: De esta manera las mujeres suelen presentar mayor conflicto familia-trabajo y los hombres el conflicto trabajo-familia, perpetuando roles de género; la conciliación es más difícil para trabajadores con hijos y el teletrabajo puede ser una ventaja o un inconveniente, dependiendo de otras variables; los trabajadores jóvenes se adaptan mejor al teletrabajo, aunque puede dificultar su vinculación con la empresa, los más mayores se benefician de la experiencia y del vínculo ya establecido.

La menor fijación de horarios y la mayor flexibilidad dificulta el establecimiento de rutinas y la separación de espacios y tiempos. La irregularidad de horarios y cargas de trabajo puede llevar a trastornos de su sueño y situaciones que provocan ansiedad.

Somos seres sociales, necesitamos relacionarnos y en ocasiones cara a cara. El trabajo desde casa, en ciertas circunstancias, puede suponer aislamiento, si no disponemos de apoyo y contacto en casa. El aislamiento se ha ligado con dolencias físicas y mentales (como la depresión), con un mayor efecto a mayor edad. Una preocupación social emergente es la soledad que cada vez sufre un mayor número de personas.

Las lesiones musculo-esqueléticas son frecuentes entre los trabajadores. En general, son debidas a movimientos repetitivos y posturas inadecuadas, derivadas de mobiliario no adecuado (sillas, mesas, posición de las pantallas) o malos hábitos. Son frecuentes dolores de espalda, cervicales, síndrome del túnel carpiano. Estas lesiones tienen un alto coste en malestar para el trabajador y en una bajada de la productividad. La fatiga visual derivada de largas horas con pantallas y la calidad de estas, también es frecuente. Es aconsejable hacer descansos, incluso en las reuniones, para poder estirarse y descansar la visión.

La excesiva carga de trabajo puede llevar a alargar los horarios, inicialmente por ese exceso de carga y posteriormente por el hábito generado, en casos extremos puede llevar a la adicción al trabajo. En ocasiones, disponer de mucho tiempo puede disminuir la productividad. Unos objetivos claros, con una comunicación y retroalimentación adecuada, puede prevenir estas situaciones.

El aislamiento, la inestabilidad, la carga de trabajo y los plazos son las principales dificultades asociadas al teletrabajo.

Cuadro 5. Riesgos del teletrabajo

- Conflicto de rol trabajo-familia o familia-trabajo.
- Trastornos de sueño. Riesgo de ansiedad y depresión.
- Seres sociales necesitados de contacto (importancia de la comunicación).
- Riesgos musculo-esqueléticos y de visión (posiciones forzadas y pantallas).
- Tecno-adicción, adicción al trabajo.

5. Productividad y teletrabajo

El teletrabajo se ha asociado con una mayor implicación organizacional, satisfacción laboral, bienestar y mayor iniciativa del trabajador, a costa de dificultades para desconectar del trabajo (Felstead & Henseke, 2017). En estos casos, el apoyo de los superiores y la formación en nuevas tecnologías puede ayudar a una mayor satisfacción del trabajador (López-Araujo & Segovia, 2008).

También la confianza y el apoyo de los supervisores, la comunicación con los compañeros, la disponibilidad de un lugar de trabajo adecuado, junto con la posibilidad de cuidar a familiares se ha asociado con una mayor productividad (Nakrosiene, Buciuniene, & Gostautaite, 2019).

Organizar la **creatividad**, definir objetivo, planificar antes, enviar documentación e información para que cada uno trabaje por su cuenta antes de compartir ideas, definiendo el momento para compartir y el modo.

El teletrabajo puede permitir atraer y retener **talento**. Los jóvenes valoran la flexibilidad de poder trabajar en cualquier lugar con horarios flexibles. Padres y madres pueden conciliar mejor, según las condiciones de teletrabajo. Trabajadores de mayor experiencia y con una vinculación establecida con la empresa, también valoran la flexibilidad para permanecer en ella. Algunos pueden abandonar la empresa si no se permite el teletrabajo.

Cuadro 6. Productividad y teletrabajo

- Mayor satisfacción laboral asociada con una mayor vinculación, implicación y productividad.
- La fijación de objetivos y la comunicación claves para la productividad.
- Necesaria una formación continua y dominio de la tecnología necesaria.
- Planificar creatividad: definir objetivo, reservar tiempo y modo de compartir.
- Atracción y retención del talento, vinculado a las condiciones laborales.

6. Conclusiones

El teletrabajo es un reto para encontrar una vida equilibrada: atender a las necesidades **físicas** (ejercicio; descanso, alimentación); mentales (desconexión y retos); **emocionales-sociales** (no hay relación en la oficina) y **espirituales** (sentido de contribución y propósito) en el trabajo.

Tiene distintos efectos en salud, satisfacción y productividad según variables demográficas y diferencias individuales (sexo, edad, situación familiar, formación, personalidad) y organizativas (normas, información, restricciones, consecuencias y formación adecuada en nuevas tecnologías), con consecuencias distintas para trabajadores, equipos y organizaciones (Kniffin et al., 2021).

Atender a la **diversidad**: trabajadores muy formados, con habilidades para manejar las tecnologías para el nuevo entorno, que disponen de esa tecnología (buena conexión a internet, equipamiento de hardware y software necesario), con espacio adecuado y suficiente en su domicilio, con una amplia red de soporte personal (amigos y familia) más allá del entorno de trabajo, lo que limita la percepción de aislamiento. Los jóvenes quieren más control, decidir dónde trabajan con horario flexible.

Los **líderes** deben desarrollar capacidad de gestión por objetivos, organizar el equipo (ya no vale improvisar porque tengo la gente al lado), comunicación y gestión por y de la confianza (quién no trabaja a distancia tampoco trabajaba cuando estaba presente, hay muchas formas de perder el tiempo en la oficina), para esto trabajadores honestos y competentes. La formación de los trabajadores debe ser intensa, frecuente y de calidad. Con directrices claras y estables.

El **trabajador** debe desarrollar sus capacidades tecnológicas, su autonomía y capacidad de organización. La planificación del tiempo, la capacidad de evitar distracciones y establecer límites para las interrupciones son claves para la productividad. Los hábitos saludables influyen en su satisfacción y productividad: Descanso adecuado, la actividad física e interacción con otras personas.

Lo más efectivo, según las últimas investigaciones, parece ser el **modelo híbrido**, la combinación en una proporción adecuada entre teletrabajo y presencia

en la oficina, aprovechando las ventajas de ambas modalidades y minimizando los riesgos del aislamiento. Trabajar semanalmente 2 o 3 días en casa y los otros 3 o 2 restantes en la oficina. Mantener flexibilidad horaria, autonomía y favorecer el contacto, verse cara a cara, vinculando al trabajador y facilitando la integración en la empresa. **Flexibilidad** de los días en la empresa en función de las necesidades del trabajo y del trabajador.

El teletrabajo permite mayor flexibilidad, menos desplazamientos y congestión de tráfico, reduciendo la contaminación. Es más adecuado en ciudades grandes, con desplazamientos más largos. Por delante tenemos el reto de encontrar la combinación de trabajo a distancia y trabajo en presencia que mejor se adapte a los objetivos de la empresa y el trabajador. Todos viajamos en el mismo barco, donde la salud, la satisfacción y el bienestar de los trabajadores están ligados a la productividad.

Bibliografía

- Almarcha, M., Balague, N., & Torrents, C. (2021). Healthy Teleworking: Towards Personalized Exercise Recommendations. Sustainability, 13(6). doi: 10.3390/su13063192
- Bathini, D. R., & Kandathil, G. M. (2020). Bother me only if the client complains: control and resistance in home-based telework in India. Employee Relations, 42(1), 90-106. doi: 10.1108/er-09-2018-0241
- Belzunegui-Eraso, A., & Erro-Garcés, A. (2020). Teleworking in the context of the Covid-19 crisis. Sustainability (Switzerland), 12(9). doi: 10.3390/su12093662
- Covey, S. M. R., & Merril, R. R. (2011). La velocidad de la confianza: el valor que lo cambia todo (Paidos Ed.).
- eun joo, L. (2020). Legal issues related to the protection of teleworker - Focusing on review of regulations related to protection for teleworker in France and Spain. labor law forum, 31, 303-340. doi: 10.46329/llf.2020.11.31.303
- Eurofound-OIT. (2019). Trabajar en cualquier momento y en cualquier lugar: consecuencias en el ámbito laboral. Oficina de Publicaciones de la Unión Europea, Luxemburgo y Oficina Internacional del Trabajo, Santiago.
- Felstead, A., & Henseke, G. (2017). Assessing the growth of remote working and its consequences for effort, well-being and work-life balance. New Technology, Work and Employment, 32(3), 195-212. doi: 10.1111/ntwe.12097
- Gonzalez-Menendez, E., Jesus Lopez-Gonzalez, M., Gonzalez Menendez, S., Garcia Gonzalez, G., & Alvarez Bayona, T. (2019). Major health consequences a rising from the continued use of new electronic devices with visual display units. Revista Espanola De Salud Publica, 93.
- Hausser, J. A., Mojzisch, A., Niesel, M., & Schulz-Hardt, S. (2010). Ten years on: A review of

recent research on the Job Demand-Control (-Support) model and psychological well-being. Work and Stress, 24(1), 1-35. doi: 10.1080/02678371003683747

- Johnson, J. V., & Hall, E. M. (1988). JOB STRAIN, WORK PLACE SOCIAL SUPPORT, AND CARDIOVASCULAR-DISEASE - A CROSS-SECTIONAL STUDY OF A RANDOM SAMPLE OF THE SWEDISH WORKING POPULATION. American Journal of Public Health, 78(10), 1336-1342. doi: 10.2105/ajph.78.10.1336
- Karasek, R. A. (1979). JOB DEMANDS, JOB DECISION LATITUDE, AND MENTAL STRAIN - IMPLICATIONS FOR JOB REDESIGN. Administrative Science Quarterly, 24(2), 285-308. doi: 10.2307/2392498
- Karasek, R. A., & Theorell, T. (1990). Healthy work: Stress, productivity and the reconstruction of working life: Nueva York Basic Books.
- Kniffin, K. M., Narayanan, J., Anseel, F., Antonakis, J., Ashford, S. P., Bakker, A. B., . . . Vugt, M. V. (2021). COVID-19 and the workplace: Implications, issues, and insights for future research and action. American Psychologist, 76(1), 63-77. doi: 10.1037/amp0000716
- López-Araújo, B., & Osca Segovia, A. (2011). El papel del modelo Demandas-Control-Apoyo en la salud de trabajadores de la construcción. Psicothema, 23(1), 119-125.
- López-Araujo, B., & Segovia, A. O. (2008). Un modelo para predecir el tecnoestrés y la satisfacción en teletrabajadores. [A model to predict the technostress and satisfaction in teleworkers.]. Revista de Psicología Social Aplicada, 18(1), 63-85.
- Magnavita, N., Tripepi, G., & Chiorri, C. (2021). Telecommuting, Off-Time Work, and Intrusive Leadership in Workers' Well-Being. International Journal of Environmental Research and Public Health, 18(7). doi: 10.3390/ijerph18073330
- Nakrosiene, A., Buciuniene, I., & Gostautaite, B. (2019). Working from home: characteristics and outcomes of telework. International Journal of Manpower, 40(1), 87-101. doi: 10.1108/ijm-07-2017-0172
- Polizzi, C., Lynn, S. J., & Perry, A. (2020). Stress and coping in the time of COVID-19: Pathways to resilience and recovery. Clinical Neuropsychiatry, 17(2), 59-62. doi: 10.36131/CN20200204
- Roessler, J., Sun, J., & Gloor, P. (2021). Reducing Videoconferencing Fatigue through Facial Emotion Recognition. Future Internet, 13(5). doi: 10.3390/fi13050126
- Ruiller, C., Van Der Heijden, B., Chedotel, F., & Dumas, M. (2019). "You have got a friend" The value of perceived proximity for teleworking success in dispersed teams. Team Performance Management, 25(1-2), 2-29. doi: 10.1108/tpm-11-2017-0069
- Thulin, E., Vilhelmson, B., & Johansson, M. (2019). New telework, time pressure, and time use control in everyday life. Sustainability (Switzerland), 11(11). doi: 10.3390/su11113067
- Thulin, E., Vilhelmson, B., & Johansson, M. (2019). New Telework, Time Pressure, and Time Use Control in Everyday Life. Sustainability, 11(11). doi: 10.3390/su11113067
- van der Doef, M., & Maes, S. (1998). The Job Demand Control (-Support) model and physical health outcomes: A review of the strain and buffer hypothesis. Psychology & Health, 13(5), 909-936. doi: 10.1080/08870449808407440
- Van der Doef, M., & Maes, S. (1999). The Job Demand-Control(-Support) model and psychological well-being: a review of 20 years of empirical research. Work and Stress, 13(2), 87-114. doi: 10.1080/026783799296084
- Walden, J. (2019). Communicating role expectations in a coworking office. Journal of Communication Management, 23(4), 316-330. doi: 10.1108/jcom-09-2018-0097

Ignacio Fontaneda

Ignacio Fontaneda González es ingeniero Industrial del ICAI desde 1997, comenzó su carrera profesional como consultor en Boston Consulting Group (BCG), posteriormente fue responsable de Organización en Gonvarri Industrial.

Actualmente trabaja en la Universidad de Burgos, donde imparte clases de calidad y productividad y es director del Departamento de Ingeniería de Organización.

Desde que está en la Universidad colabora con diversas empresas (Grupo Antolín, Glaxo SmithKline, Adisseo, Pepsico, Campofrio, UBISA, Benteler entre otras) y es evaluador del modelo EFQM. Lidera la Comunidad Lean de Burgos desde 2011.

Inquieto por el saber, realizó su tesis doctoral en Condiciones de Trabajo en España en 2002 y ha continuado estudiando, siendo licenciado en Derecho desde 2005, licenciado en Administración y Dirección de Empresas en 2011 y graduado en Psicología desde 2021.

Apasionado por la vida y por el tiempo, que es vida. Investiga en salud, calidad de vida, calidad de trabajo y productividad.

Formador en gestión del tiempo, productividad personal y de equipo. Es autor del blog "Vivir tu tiempo": http://vivirtutiempo.blogspot.com/

Mesa 4 / Ponencia 3

EMPRESAS DE I+D: LA INNOVACIÓN COMO PILAR DE LA ESTRATEGIA EMPRESARIAL

Luis Corral Diez-Hochleitner. *Consejero delegado. Piedrafita*

Isabel Ligués de la Cruz. *Responsable programas e instituciones. Piedrafita*

1. Introducción

He tenido el privilegio de trabajar toda mi carrera con un equipo de personas que comparte la visión empresarial de una compañía que sustenta su ventaja competitiva en la capacidad de innovar y desarrollar tecnologías con la máxima excelencia. Como me indicaba un colega del sector, en Piedrafita somo "diseñadores" mientras que en el resto del sector son "fabricantes". Fabricamos para vender nuestros diseños, mientras que el resto diseñan para vender lo que fabrican.

En la actualidad empresarial, la innovación aparece recurrentemente como una de las panaceas para generar y mantener una estrategia empresarial competitiva; ya sea como mera herramienta que permita la transformación de la empresa, como camino que lleve a la empresa a la consecución de un factor claramente diferencial que le permita sobresalir entre sus competidores, o como vía para lograr la supervivencia misma de la empresa; en especial en los tiempos de grandes crisis mundiales como la que ahora se vive.

Existen diferentes tipos de innovación, al igual que muchos motivos para llevarla a cabo, y en esta ponencia nos centraremos, no en la innovación como medio, sino en la innovación como fin, en la innovación como pilar fundamental de la empresa y su afección en la estrategia, financiación y la cultura empresarial que todo ello conlleva y en que todo ello deriva.

2. La innovación y la estrategia

Cabe preguntarse en primer lugar, qué es exactamente la innovación. Todo el mundo está familiarizado con el concepto básico: "la creación de algo nuevo". ¿Pero no es esa una definición demasiado amplia y ambigua? Es un concepto etéreo, a menudo subjetivo, y tremendamente relativo. Lo que era innovador hace cinco años, no lo consideraríamos innovación ahora, al igual que lo que es innovación hoy, ya no lo será mañana. La innovación no es un concepto continuo que se sustente a lo largo del tiempo, sino que es una ocurrencia puntual, fuertemente acotada en el tiempo, ¿cómo entonces es posible construir una estrategia empresarial en torno a ella? ¿Cómo puede ser que el pilar de una empresa sea algo que, por su naturaleza, no puede perdurar en el tiempo?

Si se analizan las estrategias y los casos de éxito de empresas que hayan obtenido su ventaja competitiva mediante alguna innovación, se podría llegar a la conclusión de que muchas de dichas estrategias nacen de ejercicios de innovación. Hablamos por tanto de estrategias empresariales claramente innovadoras. ¿Garantizan dichas estrategias la innovación? ¿Serían capaces de sobrevivir a una disrupción del mercado o crear una nueva disrupción?

Son muchos los ejemplos de empresas que consiguieron una posición dominante mediante la innovación ante una nueva disrupción tecnológica, a menudo en mercados dominados por empresas establecidas y de éxito; pero son pocas las que ante nuevas disrupciones son capaces de adaptarse y continuar innovando. Un magnífico ejemplo, es lo ocurrido en el sector de los discos duros entre las décadas de los setenta y los noventa. Durante este periodo el mercado fue evolucionando la tecnología con discos de 14", 8", 5.25" y 3.5". Con la disrupción de cada una de las tecnologías, nuevas empresas emergían basadas en su capacidad innovadora y de adaptación; pero estas mismas empresas años después eran incapaces de mantener su capacidad innovadora y eran relegadas a su vez por nuevos competidores ante nuevas innovaciones.

Se trata por lo tanto de construir una estrategia empresarial basada en la innovación y no consecuencia de la innovación. Especialmente en los entorno volátiles y cambiantes en los que vivimos, la capacidad de creación y adaptación resulta fundamental.

Trataremos pues a lo largo de esta ponencia de analizar los puntos fundamentales necesarios para crear y mantener una ventaja competitiva mediante el desarrollo de una estrategia empresarial basada en la generación de valor mediante la investigación y desarrollo tecnológico.

El principal valor generado mediante dicha estrategia ha de ser el resultado de esa continua I+D. Aquí podemos distinguir entre IP (propiedad intelectual, por sus siglas en inglés: "Intellectual Property") y know-how (entendiéndose éste como la capacidad y conocimiento de una persona, grupo u organización de hacer algo, en este caso innovar y desarrollar tecnologías y productos). Mediante el proceso de I+D se desarrolla propiedad intelectual ya sea en forma de tecnologías o productos, a la par que se genera un know-how dentro de la organización, por lo que se trata de resultados que si bien son claramente diferenciables por sus matices están íntimamente relacionados. La IP se puede considerar un producto en sí misma, es comercializable y se puede proteger legalmente. El know-how, en oposición, pertenece a los grupos y organizaciones; es difícilmente cuantificable o transmisible. Aunque con lo primero es con lo que se monetiza la innovación, el mayor activo que tienen una empresa de estas características es su know-how.

Es importante comprender que el know-how no solo pertenece a los individuos. Puede ser parte de una organización como parte de su cultura, procedimiento y manera de hacer las cosas. La unión de estos tres factores permite tanto el desarrollo personal de los individuos como el desarrollo colectivo de la empresa como ente. Se favorece la trasmisión de conocimiento entre las personas de la organización y su rápido desarrollo. Así mismo permite que el conocimiento resida en la organización y que las personas que se incorporan asimilen con la mayor facilidad posible dicho conocimiento. Se consigue por lo tanto que el know-how no resida únicamente en los individuos sino en la propia organización permitiendo por ende la supervivencia del know-how independientemente de los individuos.

Evidentemente, la finalidad última de una empresa no puede ser simplemente la obtención de conocimiento, sino que las empresas necesitan obtener

ganancias. El desarrollo o la posesión de know-how no garantiza las mismas, por lo que es necesario definir en la estrategia la rentabilización del conocimiento generado. Por la naturaleza intrínsecamente incierta de las actividades de I+D resulta difícil estimar el coste de un nuevo desarrollo, su viabilidad y su potencial de mercado. Para poder abordarlo hemos de distinguir entre los dos principales modelos de innovación tecnológica: incremental y disruptiva. Para los primeros partimos de estados conocidos y no se buscan grandes saltos tecnológicos. Normalmente se trata de desarrollos de nuevos productos basados en la tecnología existente, así como evolución y mejora de las características de nuestros productos. Las innovaciones disruptivas buscan, por el contrario, el desarrollo de nuevas tecnologías o grandes saltos cuantitativos. Mientras que en los primeros casos es posible controlar y prever mejor el resultado, esto resulta extremadamente complejo en los segundos.

Por otro lado, debe considerarse el valor que la innovación puede llegar a tener para el mercado. Dicho valor no irá siempre ligado a la complejidad o mejora tecnológica propuesta pero siempre se han de conjugar junto con la incertidumbre manejada. En el caso del mercado puede por tanto hablarse también de valores incrementales o disruptivos para el mismo.

Gráfico 1. Matriz evolución tecnológica vs Valor en mercado

Si categorizamos las innovaciones según la matriz, podemos distinguir entre cuatro grandes grupos:

- Innovación tecnológica disruptiva con disrupción de mercado.
- Innovación tecnológica incremental con disrupción de mercado.
- Innovación tecnológica incremental sin disrupción de mercado.
- Innovación tecnológica disruptiva sin disrupción de mercado.

De los cuatro escenarios que se describen podemos descartar rápidamente las innovaciones tecnológicas disruptiva sin disrupción de mercado, puesto que nos encontramos con riesgo de baja rentabilidad, incertidumbre de viabilidad y de alto riesgo en la inversión inicial sin que el mercado así lo perciba y por ende no esté dispuesto a asumir los altos costes de este tipo de innovaciones.

Sin embargo, innovaciones que identifiquemos como disruptivas tanto tecnológicas como para el mercado son altamente rentables. Es fundamental

para poder acometerlas, implementar en nuestras metodologías las herramientas adecuadas para poder, lo antes posible, garantizar la viabilidad del proyecto. Aunque sea complejo controlar el coste de este tipo de desarrollo se buscan desarrollos en los que los potenciales beneficios sean muy superiores a los costes de desarrollo, es por lo tanto fundamental durante su gestión poner más el foco en el resultado aun a costa de los costes (evidentemente garantizando siempre que el proyecto continúe siendo rentable, aunque pueda permitirse una disminución en su rentabilidad). En definitiva, suelen suponer altas e inciertas inversiones.

Aunque a priori las disrupciones de mercado con desarrollos tecnológicos incrementales puedan parecer la opción idónea ya que permiten una mejor estimación de la viabilidad y los costes; y pueden conllevar desarrollos de nuevos mercados y ventas, este no necesariamente es siempre el caso puesto que implican dificultades adicionales en otros ámbitos. Por ejemplo, en Piedrafita disponemos de productos y tecnologías en áreas de nicho que hemos detectado pueden ser utilizadas en otras aplicaciones generando características disruptivas para el cliente, mientras que para la empresa no suponen un desarrollo disruptivo. Sin embargo, mientras que para los técnicos no supone grandes incertidumbres su desarrollo, sí supone un reto para el área de desarrollo de negocio, que necesita adentrarse en mercados completamente nuevos lo que implica una mayor incertidumbre en el ámbito comercial.

Finalmente están los desarrollos incrementales que los son tanto para la empresa como para el cliente. Presentan rentabilidades más moderadas, pero a cambio son mucho más predecibles y controlables en el tiempo, facilitan la gestión caja y el desarrollo de negocio. Adicionalmente, tienden a ser proyectos con ciclos más cortos, lo que permite resultados más certeros e "inmediatos".

En definitiva, no existe un único camino, sino que hemos de planificar una estrategia de desarrollo de negoció compatible con las finanzas, recursos y capacidad de monetizar que generan, en base a las distintas opciones existentes.

3. Financiación de I+D (empresas con fuerte componente en I+D)

Aun garantizada la rentabilidad de los proyectos de I+D, su gestión financiera supone un claro reto para la empresa. Los proyectos de I+D presenta ciclos de caja largos con fuertes inversiones en los primeros años e incertidumbre sobre la necesidad de inversión inicial. Es fundamental acompañar la estrategia de innovación con una planificación de los recursos financieros que permita suavizar y soportar los ciclos de caja, teniendo en cuenta la incertidumbre en plazos y costes propia de estos proyectos. Como se indicaba antes es fundamental garantizar el resultado y para ello es necesario asumir las posibles desviaciones.

En definitiva, el problema financiero con los proyectos de I+D no es su rentabilidad, sino la obtención de los medios necesarios para financiarlos, en especial las etapas iniciales, cuya duración puede llegar a ser de varios años. Para poder garantizar la correcta financiación es fundamental contar con un abanico de herramientas que permita estructurar, acompañar y planificar los desarrollos.

> *...el problema financiero con los proyectos de I+D no es su rentabilidad, sino la obtención de los medios necesarios para financiarlos...*

Hemos de empezar comprendiendo que los negocios basados en la I+D conllevan ciclos de inversión largos. Para ello es fundamental contar con políticas que permitan disponer recurrentemente de recursos propios. Además, tradicionalmente, las fuentes de financiación clásicas que ofrece el sistema bancario no están preparadas para acompañar este tipo de inversiones basadas en elementos intangibles. Es por lo tanto necesario priorizarla para todas aquellas inversiones tangibles y reservar los fondos propios para las actividades de I+D.

Existen, sin embargo, muchas empresas que no pueden optar por esta estrategia de financiación, ya que no tienen el "músculo financiero" necesario. A pesar de ello, también necesitan poder financiar sus proyectos de I+D, que en muchas ocasiones son precisamente los que les permitirían obtener ese músculo necesario para proyectos sucesivos. En estos casos, existe la posibilidad de optar a ayudas públicas de muy diversa índole. Aunque a priori esta opción pueda parecer la mejor, se debe tener en cuenta el gran esfuerzo adicional que puede suponer la elaboración y gestión de este tipo de proyectos. Además, por supuesto, de la incertidumbre que conllevan y los retrasos en el inicio del proyecto derivados de la demora en las tomas de decisiones. Estos factores pueden llegar a hacer inviable esta opción, en especial si se trata de proyectos con ciclos relativamente cortos. Desde nuestra experiencia, el mayor factor limitante de este tipo de financiación es la incertidumbre, seguido muy de cerca del esfuerzo necesario para la elaboración de las propuestas, si bien es cierto que el grado de esfuerzo a realizar varía notablemente en función de la cuantía que se solicite y de la duración del proyecto. Un ejemplo claro desde la experiencia de la empresa sería la dificultad y complejidad a la hora de obtener una subvención de la Comisión Europea. En estos programas, para empezar, a veces es necesario realizar el proyecto en un consorcio europeo, lo que implica un importante aumento de la dificultad a la hora de gestionar tanto la propuesta como más adelante el proyecto. En segundo lugar, desde el momento de la presentación de la propuesta, hasta la resolución de la Comisión Europea, puede pasar un periodo superior a 6 meses, lo que hace que no se trate de una opción viable para empresas que necesiten lanzar productos con cierta rapidez al mercado. Esta inviabilidad se acrecienta teniendo en cuenta que puede pasar la misma cantidad de tiempo entre la resolución y la firma final de la subvención, momento hasta el cual no podría comenzar el proyecto. Es decir, en este tipo de ayudas, se debe considerar un tiempo de aproximadamente dos años desde el inicio de la elaboración de la propuesta hasta que puede lanzarse el proyecto de I+D. Este tipo de ayudas suponen por lo tanto un gasto muy considerable en horas, así como un retraso más que significativo en el lanzamiento de proyectos que no siempre pueden postponerse de tal manera. Esta opción presenta, sin embargo, la gran ventaja de tratarse de una financiación completamente gratuita, pudiendo llegar a cubrir hasta la totalidad del proyecto en casos muy concretos, así como la protección de la propiedad intelectual, que en el caso de las ayudas permanecerá siempre dentro de la empresa.

En el extremo opuesto se encuentra la que quizá sea una de las estrategias más comunes en empresas dedicadas a la I+D, la venta de servicios de I+D e incluso de la propia IP de la empresa, traduciendo de manera directa la actividad innovadora en beneficios económicos. Esta estrategia, que aparentemente supone la pérdida de la innovación al vendérsela a un tercero, genera sin embargo una rentabilidad oculta, puesto que, a pesar de venderse el resultado del desarrollo, el know-how obtenido durante el mismo permanece siempre dentro de la empresa al ser intrínseco al desarrollo mismo del proyecto y a las personas involucradas en él. Este método permite que además de vender el resultado del proyecto de Investigación y Desarrollo, la empresa se posicione luego como la candidata idónea para la fabricación de los productos desarrollados, al partir de un conocimiento mayor que otros posibles contratistas que carecen del know-how generado por la actividad investigadora. Asimismo, permite también el mejor posicionamiento para el desarrollo de sucesivos proyectos de I+D que requieran del conocimiento adquirido.

Para finalizar se puede completar la financiación acudiendo a los instrumentos de capital riesgo. Existen multitud de fórmulas e instrumentos, siendo lo fundamental desde la perspectiva de la estrategia lograr encontrar al inversor que entienda correcta y realistamente las implicaciones de una estrategia basada en la I+D y lo que ésta puede llegar a generar para su inversión. Ha de comprender cuales pueden ser los retornos esperados y en especial el marco temporal. Se ha de garantizar la autonomía en la toma de decisión que permita alcanzar la excelencia entendiendo las posibles desviaciones que esto conlleva. Finalmente, se ha de asegurar que la inversión potencia la estrategia y no la condiciona.

4. Cultura, estructura empresarial y gestión

Una estrategia de I+D es, evidentemente, mucho más que una mera gestión financiera, por importante que pueda ser ésta. Para lograr que una empresa pueda estructurarse en torno a la innovación, es necesario que todos sus aspectos estén correctamente alineados con ese fin. Es imprescindible, desde la base misma de la empresa, que se fomente la innovación y se proporcionen las herramientas necesarias a todos los niveles, para que ésta pueda convertirse en un pilar de la empresa. Y esto debe empezar, sin duda, por la cultura propia de la empresa, que determinará el establecimiento de una estructura apropiada para el desarrollo de la actividad innovadora, y a cuya cabeza debe haber una dirección que comprenda y apoye correctamente la estrategia empresarial.

> *Para lograr que una empresa pueda estructurarse en torno a la innovación, es necesario que todos sus aspectos estén correctamente alineados con ese fin.*

La cultura empresarial ha de poder coexistir con la innovación, para lo cual será de gran importancia que cuente con diversos principios alineados con la estrategia de obtener valor mediante la innovación. En primer lugar, si, como indicábamos antes, el conocimiento es el principal activo, ha de ser la base de la cultura y se ha de fomentar y cuidar. Se trata de fomentar el culto al conocimiento, su generación y su desarrollo, así como garantizar la transmisión de este dentro de la empresa. Pero sólo con esto no es suficiente. Será también necesario implantar una cultura de la excelencia, de modo que este conocimiento no acabe cayendo en saco roto.

Una cultura de la excelencia persigue siempre el mejor resultado posible desde el punto de vista técnico, sin perder nunca de vista el objetivo: el qué se está haciendo y el para qué. Se ha de mantener un espíritu crítico y desafiante ante los dogmas o ideas preconcebidas, reacio por naturaleza a la rendición prematura (entendiéndose por prematura insuficientemente meditada), aunque siempre sin perder de vista la capacidad de perseverar en la consecución de los objetivos – especialmente ante las dificultades y posibles problemas.

> *Se ha de mantener un espíritu crítico y desafiante ante los dogmas o ideas preconcebidas...*

Una consecuencia directa de esta cultura es la necesidad de una estructura empresarial predominantemente horizontal. Mientras que las estructuras con gran verticalidad y muy jerarquizadas pueden funcionar muy bien para determinadas empresas, si se desea que la I+D sea el centro de la estrategia empresarial, es necesario optar por estructuras más horizontales, donde se hable más de igual a igual que de superior a subordinado. Buscamos esquemas de trabajo en que la jerarquía la imponga el proyecto y sus necesidades, sirviendo siempre al fin de la excelencia tecnológica. Para ello son necesarios perfiles altamente cualificados que compartan una metodología científica de abordar los desarrollos.

Estructuras que permitan un clima de trabaja entre "iguales" promueven la capacidad de enfrentar nuevas ideas, de modo que puedan debatirse y pueda llegarse a una conclusión óptima con la menor incertidumbre posible. No se trata de un "todo vale", ni de un "debatir por debatir" ni de un "acordar por acordar", sino del análisis científico y detallado de las propuestas que permita llegar a conclusiones realistas, basadas principalmente en datos y no en opiniones, mediante la aplicación de metodologías claras. La clave no está en llegar a un acuerdo, sino en llegar a una conclusión. Los acuerdos pueden

tener gran valor en muchos ámbitos, pero cuando se habla de tecnología, por mucho que en una empresa se quiera acordar que no existen los números primos, eso no va a hacer que dejen de estar ahí. Por eso es necesario que la cultura empresarial fomente la búsqueda de respuestas, la aplicación del método científico incluso en los ámbitos en que se deba asumir que se está lidiando con información y valoraciones subjetivas, y la búsqueda de conocimiento en todos los ámbitos (académico, del sector, de la competencia, del entorno…); porque de lo contrario, se podrá llegar a muchos consensos, pero probablemente, rara vez se llegue a una conclusión.

> *…es necesario que la cultura empresarial fomente la búsqueda de respuestas, la aplicación del método científico […] y la búsqueda de conocimiento en todos los ámbitos…*

Otra de las patas importantes sobre las que debe sustentarse cualquier cultura empresarial que persiga una estrategia basada en la innovación, será la creación de un clima de cercanía y confianza. En este caso, se trata realmente de una condición sine qua non. Si un empleado no confía en su jefe, no se atreverá a proponer nuevas ideas, y eso puede hacer que se pierdan grandes soluciones. Por el contrario, si un jefe no confía en su empleado, es imposible que pueda dotarle de la libertad necesaria para que pueda darse una correcta gestión de errores y problemas y el aprendizaje que conlleva. Es necesario que confíen el uno en el otro y el otro en el uno. Para lograr la confianza es imprescindible, entre otras muchas cosas, la transparencia en la información en ambas direcciones, tanto de los empleados a la hora de avisar de los contratiempos que puedan surgir o simplemente a la hora de pedir la ayuda que puedan necesitar, como por parte de la empresa a la hora de transmitir correctamente los mensajes, la importancia del trabajo realizado, los planes a futuro de la empresa, los objetivos, los valores… Es muy fácil pecar de falta de información, y no por maldad ni ocultismo, a menudo ni siquiera conscientemente. En las empresas grandes, es muy fácil que la información no siempre llegue a todas partes, por el mero hecho de la cantidad de gente por la que pasa, el famoso "teléfono estropeado", y en las pequeñas, es muy fácil que ocurra justamente lo contrario, al ser pequeña se da menor importancia a la comunicación porque se tiende a "dar por hecho que lo sabían". Por ello, es necesario que la cultura empresarial trate de fomentar esta transparencia, de modo que se eviten estos tópicos, que pueden dañar la confianza y minar todos los demás principios que son necesarios en la cultura de empresas que quieran elaborar su estrategia en torno a la innovación a través de la I+D.

Se deberá fomentar la correcta gestión de errores, problemas y dificultades, al ser su existencia inherente a cualquier proceso de innovación, con independencia del tipo de innovación de que se trate. En una cultura en la que se investiga, desarrolla y promueve el conocimiento los errores deben considerarse y verse como una oportunidad de aprendizaje. Siempre y cuando las metodologías y principios que se estén aplicando estén alineados con los objetivos, los errores nunca han de verse como un defecto sino como un problema que ha de gestionarse adecuadamente. Tanto los equipos como las personas necesitan tener la libertad de ser capaces de hacer suyos los problemas y errores, lo que implicará que también tendrán la obligación de responder ante ellos. La empresa debe proporcionar la libertad, herramientas, conocimiento y metodologías necesarias, mientras que el empleado debe demostrar la responsabilidad y capacidad de resolución necesarias para solventar el problema. Por supuesto, para que esto pueda darse, es imprescindible que el entorno laboral sea un ambiente donde se fomente la creación y el desarrollo de conocimiento, tanto a nivel individual como a nivel colectivo. Esa cultura del conocimiento será imprescindible para permitir una óptima gestión de errores, e impulsará el aprendizaje basado en esos errores o problemas surgidos durante cada proyecto innovador. No se trata de un

proceso fácil, ni obvio; la cultura del conocimiento implica grandes inversiones en todos y cada uno de los empleados de una empresa, tanto a nivel de tiempo como de dinero, al necesitar dedicar recursos a su formación.

> *...fomentar la correcta gestión de errores, problemas y dificultades, al ser su existencia inherente a cualquier proceso de innovación...*

Por último, nos encontramos el reto de como atraer, formar y retener el talento. En nuestra experiencia hemos detectado una dificultada para atraer talento experimentando. Creemos que esto se debe a la divergencia que culturas como la nuestra supone frente a las culturas clásicas que se pueden encontrar en nuestro entorno, generando problemas de adaptación. Es por ello por lo que optamos por formatos de atracción de talento muy temprano. Mediante la colaboración con las universidades atraemos a los estudiantes desde el principio de su carrera profesional. Los involucramos en proyectos reales y los impregnamos de nuestra cultura, formándolos y evaluándolos para que en poco tiempo sean profesionales de primer nivel. Para ello es condición necesaria contar con estudiantes con la mejor formación de base y con los valores que se inculcan en las mejores universidades.

5. Conclusiones

Analizando detalladamente las implicaciones de centrar la estrategia empresarial en la innovación, se hace patente la necesidad de involucrarla en todos los aspectos de la empresa, de modo que se deje de lado la tradicional separación entre "el departamento de I+D" y "el resto". Es necesario, para que pueda implantarse con éxito una estrategia de esta índole que los principios en que se basa la innovación se conviertan, no en los principios de un pequeño grupo dentro de la empresa, sino en los principios de base para la empresa en su conjunto, involucrando a todos los ámbitos de esta. Este principio condicionará la estrategia financiera, la cultura, la estrategia de recursos humanos, e incluso el propio día a día de la empresa a fin de lograr que sea sostenible y genere la rentabilidad necesaria para la empresa.

En definitiva, una empresa de I+D que basa su estrategia en la innovación, puede lograr importantes rentabilidades sostenibles en el tiempo mediante la implementación de una adecuada estrategia cultural y financiera.

Bibliografía

- Anthony, S. D., Duncan, D. S., & Siren, P. M. (2014). Build an Innovation Engine in 90 Days. Harvard Business Review.
- Bartolomé Pardo, F. (2017). Cómo supervisar "Black Boxes". IE Business School. Madrid: IE Business School.
- Bower, J. L., & Christensen, C. M. (2008). Tecnologías Disruptivas: Cómo subirse a la ola. Harvard Business Review América Latina.
- Brown, T. (2008). Design Thinking. Harvard Business Review América Latina.
- Collis, D. J., & Rukstad, M. G. (2008). ¿Puede usted decir cuál es su estrategia? Harvard Business Review América Latina.
- Ghemawat, P., & Rivkin, J. (1999). La creación de una ventaja competitiva. Harvard Business School.
- Matilde Mas & Javier Quesada. La economía intangible en España. Evolución y distribución por territorios y sectores [1996-2016]. COTEC
- Wessel, M., & Christensen, C. M. (2012). Surviving Disruption. Harvard Business Review.

Luis Corral

Ingeniero industrial del ICAI y Excutive MBA en IE, Luis Corral Diez-Hochleitner ha desarrollado toda su carrera profesional en Piedrafita, PYME de desarrollo de tecnologías vehiculares para vehículos especiales. La organización que liderar Luis y sus socios desde el 2019 se caracteriza por su capacidad para ofrecer productos tecnológicamente diferenciados que aporten características únicas a los vehículos en los que se integran.

La empresa, desde su sede en Paracuellos de Jarama, opera a nivel internacional ofreciendo productos "state of the art" en el sector de defensa europeo en tecnologías de sistemas de suspensión; distribución y gestión de potencia eléctrica; o prognosis de datos.

Actualmente la compañía se encuentra implementando un ambicioso plan estratégico con la innovación tecnología como pilar fundamental de la misma con el objetivo de convertirse en un referente internacional de su sector manteniendo la excelencia que desde sus orígenes ha supuesto la marca Piedrafita.

Isabel Ligués

Isabel Ligués de la Cruz, Estrategia y Desarrollo Corporativo en Piedrafita Systems, es ingeniera industrial por ICAI. Graduada en Ingeniería Electromecánica con especialidad mecánica en 2018, formó parte de la primera promoción del máster conjunto MII+M2S (máster en Ingeniería Industrial + máster en Movilidad, Seguridad y Sostenibilidad), del cual se graduó en el año 2020.

En el ámbito profesional, en el año 2019 inicia su carrera en la empresa Piedrafita Systems, PYME de desarrollo de tecnologías vehiculares para vehículos especiales. La empresa desde su sede en Paracuellos de Jarama opera a nivel internacional ofreciendo productos "state of the art" en el sector de defensa europeo en tecnologías de sistemas de suspensión; distribución y gestión de potencia eléctrica; o prognosis de datos. Actualmente, el grupo se encuentra implementando un ambicioso plan estratégico de crecimiento, incrementando su presencia europea y mundial con la participación en proyectos con la Comisión Europea, manteniendo siempre la innovación como pilar fundamental de la empresa y de su estrategia.

Mesa 4 / Ponencia 4

EL ROL DE LA INGENIERÍA EN EL VECTOR TECNOLOGÍA-ECONOMÍA-IMPACTO

Jorge Tello Guijarro. *CEO. Savana.*

Sara Lumbreras Sancho. *Profesora titular. Escuela Técnica Superior de Ingeniería. Comillas ICAI.*

1. Introducción

El ingeniero es clave en la creación de empresas tecnológicas: no sólo es capaz de generar o compartir una visión en la que nuevas herramientas respondan a las necesidades sociales, sino que puede cristalizarla en una empresa sólida capaz de sobrevivir en un entorno económico cambiante y generar empleo de calidad.

Nos encontramos en un momento de encrucijada, con problemas globales que empeoran de forma acelerada si no se atajan, en el que la tecnología puede ayudarnos en el camino hacia un ser humano mejor y una sociedad más justa (o servir los intereses contrarios). Resulta así imprescindible fundamentar en el lema "Ingeniería con propósito" las carreras del ingeniero en general y del emprendedor en particular, ligándolas irremediablemente y siendo conscientes de que tanto universidad como empresa comparten el fin último de apoyar la transformación hacia un mundo más humano y sostenible.

2. Del retorno financiero a la empresa con propósito: El espectro de la ética en la concepción de la empresa

2.1 EL ORIGEN DE LA INVERSIÓN RESPONSABLE

En 1970, en una entrevista en el New York Times Magazine, Milton Friedman, premio Nobel de economía, afirmaba que "La única responsabilidad social de una empresa es generar beneficios" (Friedman, 2007). El también premio Nobel Markowitz desarrolló su Teoría de Gestión de carteras como una metodología de inversión en la que ningún inversor racional renunciaría a los posibles beneficios de una empresa dada: en Teoría de Gestión de Carteras se define cada inversión únicamente en términos de riesgo y beneficio, dejando fuera del universo de lo relevante la actividad de la empresa o su impacto en la sociedad. Una breve mirada a nuestro alrededor nos muestra claramente cómo, en el contexto actual, las percepciones de Friedman o Markowitz están muy

lejos de ser una postura compartida por la sociedad en su conjunto.

Estos economistas, originalmente, estaban reaccionando a una idea radical que emergió a raíz de la condena internacional al régimen sudafricano de Apartheid, al final de la década de los sesenta: ¿y si, en los negocios, no fuera importante sólo el dinero? En un primer momento, aparecieron algunas guías como los Principios Sullivan (Lashgari & Gant, 1989), propuestos por Leon Sullivan, un reverendo sudafricano que formaba parte del consejo de General Motors en ese momento. Los principios se resumían en:

- No segregación racial en las instalaciones de trabajo, comida o similares.
- Empleo equitativo para todos los trabajadores.
- Mismo sueldo para el mismo trabajo.
- Establecimiento de programas de formación específicos para los trabajadores negros o de minorías étnicas.
- Incremento del número de trabajadores no blancos en las tareas de gestión.
- Mejora de las condiciones de los trabajadores no blancos.
- Compromiso con la eliminación de leyes injustas.

En un primer momento, la atención se centró en no invertir en empresas que no cumplieran estos principios. Fue en este primer momento en el que aparecieron críticas como las de Friedman, que veían en esto un obstáculo a la obtención de los beneficios óptimos a los que un inversor podía aspirar. Sin embargo, el público apoyó el código, y fue creciendo el número de empresas que se adhirieron a él en los años siguientes.

En este contexto, se comenzó a valorar la actitud de las empresas con respecto a la igualdad y la justicia, y posteriormente con el medio ambiente. La inversión socialmente responsable ha crecido en importancia, sobre todo a partir de los años noventa y, con mucho más ímpetu, a partir de la crisis financiera de 2008. Esta tendencia, no es solo inversora, sino que se ha visto en la sociedad en su conjunto, donde aspectos como la preservación del medio ambiente, el acceso a la sanidad y la educación o la desigualdad social se cuelan en el debate público diariamente. Otros ámbitos donde esto se puede apreciar son en la mentalidad de las nuevas generaciones, la regulación o los patrones de consumo.

En la actualidad nos encontramos con un espectro continuo desde los filtros a las empresas dedicadas a actividades indeseables hasta las entidades sin ánimo de lucro. En esta introducción se presenta una perspectiva amplia de la inversión socialmente responsable y sus niveles. Es imprescindible reconocer que estas definiciones pueden interpretarse desde dos puntos de vista complementarios: el del inversor que escoge participar de una empresa, pero no de otras, o del emprendedor que escoge desarrollar su actividad en el contexto de uno u otro sector.

2.2 EL USO DE FILTROS

Como comentábamos anteriormente, estos filtros consisten en rechazar ciertos negocios o sectores que se consideran éticamente indeseables. Ejemplos de este tipo de empresas rechazadas podrían ser:

- Armamento
- Tabaco
- Alcohol
- Pornografía
- Combustibles fósiles
- Apuestas
- Usura (créditos con un elevado interés)

Como comentábamos anteriormente, desde el punto de vista de un emprendedor, la aplicación de estos filtros se reduciría a evitar seleccionar un proyecto dentro de estas líneas, pese a que pudiera ser interesante desde el punto de vista de los beneficios.

2.3 LOS CRITERIOS ESG

El siguiente nivel es la analítica proactiva centrada en la sostenibilidad: coloquialmente denominada "inversión ESG". La valoración de gobierno ambiental, social y corporativo (ESG) es una cuantificación de la conciencia colectiva de una empresa con respecto a factores sociales y ambientales (Caplan, Griswold, & Jarvis, 2013). Por lo general, se concibe como una puntuación que se compila a partir de los datos recopilados sobre la empresa y su actividad. Cada vez son más los inversores que utilizan estas puntuaciones para construir sus carteras, o que les presionan para que tomen posiciones en este sentido. En menos de 20 años, el movimiento ESG ha pa-

sado a ser un fenómeno global que representa más de 30,000 millones de dólares en activos invertidos. El interés de los inversores se ve también reflejado en las propias compañías, que se interesan por mejorar sus puntuaciones en la medida de lo posible, empleándolas en sus comunicaciones con inversores o clientes.

> *En menos de 20 años, el movimiento ESG ha pasado a ser un fenómeno global que representa más de 30,000 millones de dólares en activos invertidos.*

El Chartered Financial Analysts institute (https://www.cfainstitute.org/en/research/esg-investing) proporciona este resumen de los ítems más importantes en la consideración de factores ESG:

Factores medioambientales (conservación del mundo natural):

- Aportación al cambio climático y emisiones de carbono
- Contaminación del aire y del agua
- Biodiversidad
- Deforestación
- Eficiencia energética
- Gestión de residuos
- Escasez de agua

Factores sociales (consideración de personas y relaciones):

- Satisfacción del cliente
- Protección de datos y privacidad
- Género y diversidad
- Compromiso de los empleados
- Relaciones comunitarias
- Derechos humanos
- Normas laborales

Gobernanza (normas en la dirección de la empresa):

- Composición de la junta
- Estructura del comité de auditoría
- Soborno y corrupción
- Compensación Ejecutiva
- Lobbying y contribuciones políticas
- Esquemas de denuncia de irregularidades (whistle blowing)

Desde el punto de vista del inversor, se escogerían únicamente las empresas que presentaran una puntuación requerida en cada uno de estos ítems o grupos de ítems. La importancia que se le dé a cada uno de ellos puede, por supuesto, variar en función de la sensibilidad del inversor (por ejemplo, podría ser más importante la igualdad de género, o la sostenibilidad, que otros criterios) (Grim & Berkowitz, 2020).

Desde el punto de vista del empresario, nos encontraríamos con una preocupación creciente por ajustarse a estos criterios en las prácticas de la empresa, no sólo como una herramienta útil para mejorar las relaciones con inversores o con clientes, sino como un punto clave en el desempeño de las actividades del negocio.

Es interesante analizar cómo, durante los últimos años, ha ido evolucionando la aproximación de las empresas hacia estos criterios a medida que la economía se transforma desde industrias verticales hacia modelos ecosistémicos:

- En el modelo tradicional, con industrias verticales (energía, finanzas, moda…), con fronteras muy delineadas, se entendía que, para sistemas desconectados, aplicaban soluciones que también lo fueran. De este modo cada industria debía ser responsable de cumplir sus propios criterios ESG y se asumía que, en el momento que todas los asumieran, el impacto sería entonces percibido.
- Sin embargo, y fundamentado en una primera ola de digitalización que ya ha ocurrido, hoy en día las industrias se encuentran conectadas a través de

una nueva tipología de proveedores, fundamentalmente tecnológicos, que ha sabido generar valor de innovaciones producidas en los puntos de contacto entre ellas (por ejemplo, en el caso de la energía y la movilidad, podemos encontrar los fabricantes de cargadores de coches eléctricos). En esta realidad, se traslada a dichos actores la responsabilidad de cumplir ellos mismos con los criterios ESG.

- Con la llegada de una segunda y posteriores olas de digitalización, las capacidades de las empresas de generar modelos de negocio integrados de forma horizontal a través de lo que antes eran industrias estancas aumentarán (por ejemplo: dispositivos de control glucémico, en base al microbioma, podrán recomendar dietas personalizadas para controlar sin tratamientos los niveles de azúcar en sangre, y a la vez, podrán proveer la entrega de los mismos, conectando con servicios de restauración). En este caso habrá que definir como medir y cumplir dichos criterios al existir una interrelación constante entre todos los actores y por tanto una responsabilidad directa del problema, mientras que en los dos modelos anteriores se diluye la responsabilidad individual en la de los otros (puesto que si el otro falla yo fallo, tengo la posibilidad de relajarme y echar siempre la culpa de mi incumplimiento al otro, como pasa por ejemplo con el reciclaje).

Volveremos a hablar de esta última tendencia puesto que, en definitiva, el mundo y la sociedad se comportan como un ecosistema, por lo que empresas que se comportes como tales tendrán mayores oportunidades de dar respuesta a las aspiraciones que aquí se debaten.

El compromiso corporativo y la inversión de impacto

La inversión de impacto surge de la idea de que la iniciativa privada es un actor clave en la lucha por mejorar problemas sociales o ambientales, junto con las instituciones públicas o la filantropía. Es en esta tercera vía donde los principios éticos cobran una importancia mayor. Esta modalidad se refiere a inversiones realizadas en empresas, organizaciones y fondos con la intención de generar un impacto ambiental o socialmente beneficioso medible junto con un rendimiento financiero, que por lo general cobra un papel secundario. El principio básico consiste por tanto en superar la visión del 'compliance' en el sentido de cumplir unas normas definidas externamente y asumir que la generación de valor de venga desde los valores. Los sectores que concentran estos proyectos en mayor medida son las energías renovables, servicios básicos como vivienda, atención médica y educación, microfinanzas o agricultura sostenible. Han sido clave en el desarrollo de la inversión de impacto los inversores institucionales, en especial los fondos de pensiones Incluso el Papa Francisco se ha interesado por la inversión de impacto (The catholic church becomes an impact investor, 2017).

Se ha hablado mucho de cómo los retornos de las inversiones de impacto se ven afectados por buscar un doble o incluso triple "bottom line" (un retorno social o medioambiental además del económico). Según la mayoría de estudios, no es posible realizar inversión de impacto sin sacrificar el retorno en mayor o menor medida, sobre todo en el caso de la inversión en empresas de gran capitalización bursátil (Brest & Born, 2013). Es más discutible el caso de la mediana y pequeña empresa, ya que por ejemplo la información imperfecta en el mercado podría dejar espacio a mejores oportunidades.

Las entidades sin ánimo de lucro

En el extremo del espectro de la inversión responsable estarían las entidades sin ánimo de lucro, que se constituyen con el único fin de crear el impacto social o medioambiental.

Así, nos encontramos con un espectro de empresas, desde la concepción clásica de la compañía con el fin único de generar beneficios hasta las entidades sin ánimo de lucro, pasando por el rechazo a ciertos tipos de negocio y el establecimiento de criterios ESG.

Como se ha comentado anteriormente, este espectro puede comprenderse desde la perspectiva del inversor preocupado por tomar sus decisiones de manera socialmente responsable, o del emprendedor que crea su proyecto en base, parcialmente, a criterios sociales.

Es importante destacar que, lejos de representar a una minoría especialmente concienciada, estos emprendedores componen el grueso de la actividad económica como expone la sección siguiente.

3. Por qué emprenden los emprendedores: las empresas con propósito

En un contexto general, no necesariamente dentro del contexto de la inversión responsables, debemos reconocer que las empresas en general no responden únicamente a criterios financieros. Nos encontramos con que las principales motivaciones de los emprendedores son la creación de un proyecto propio, la autonomía, la oportunidad de dejar un legado, la generación de puestos de trabajo o el impacto social. Además, son estas motivaciones las que resultan decisivas, en mayor medida, para el éxito de la empresa en el largo plazo. Por ejemplo, un estudio de 2012 demostró que los emprendedores cuya motivación principal no es la económica tienen más éxito que los que se mueven únicamente tras las posibilidades de beneficios (Zanakis, Renko, & Bullough, 2012). Además, la motivación financiera aparece, en estudios en este contexto, como sólo la tercera más frecuente para los emprendedores (Stephan, Hart, & Drews, 2015).

> *...los emprendedores cuya motivación principal no es la económica tienen más éxito...*

Esto quiere decir que es incorrecto pensar en la empresa como una entidad a servicio de la generación de beneficios, cuando sus propios creadores, en general, no la conciben de esa manera. No podemos pensar en el emprendimiento de manera independiente de las motivaciones más allá del beneficio económico, y estas incluyen mayoritariamente la generación de empleo y el crear un impacto económico positivo.

Estas empresas surgen no necesariamente en el contexto de la inversión de impacto y que trabajan en un espectro mucho más amplio de sectores (virtualmente, en cualquiera que no perteneciera a las actividades rechazadas en los filtros mencionados más arriba). No comprometen sus beneficios, pero, desde su mismo origen, se reconocen que son un proyecto que va más allá: un legado, la oportunidad de crear puestos de trabajo para una comunidad o responder a una demanda de la sociedad.

Podríamos denominar a este tipo de empresa "empresas con propósito". Estas empresas serían responsables desde el origen, en contraposición al concepto clásico de empresa orientada a beneficios que evolucione, por ejemplo, para adaptarse a criterios ESG. Estamos acostumbrados a que las grandes empresas se atribuyan misiones elevadas, y a considerar que en ocasiones éstas reflejan más un trabajo de marketing que una declaración de intenciones real. Sin embargo, vemos que una abrumadora mayoría de las empresas surgen de una misión ligada a motivaciones superiores. Esto resulta aún más importante en el contexto de la ingeniería, ya que presenta una componente creativa que, como discutiremos más adelante, es clave para acometer problemas sociales o medioambientales.

4. La tecnología como clave para resolver problemas sociales y ambientales: ingeniería con propósito

Al ser humano se lo ha definido como homo faber, el "hombre que fabrica", que modifica el entorno para adaptarlo a sus necesidades. Cada tecnología nueva amplía el espectro de las modificaciones posibles, no sólo al entorno natural sino también al medio social o económico en el que los seres humanos desarrollamos nuestras vidas.

Así, tenemos el concepto de tecnología social o innovación social, que se construye en torno a una propuesta innovadora de desarrollo (económico o social), basada en la creación y difusión de soluciones a problemas esenciales como alimentación y agua, educación, energía, vivienda, ingresos, salud y medio ambiente, entre otras.

Además, nos encontramos en un momento especialmente complejo en el que resulta evidente que la respuesta que se les dé a nuestros retos en el futuro cercano marcará las próximas décadas o incluso siglos de nuestra especie.

Como ilustración, no necesariamente completa, de estos retos, nos limitamos a mencionar los Objetivos de Desarrollo Sostenible de Naciones Unidas (Ban, 2016):

- **Objetivo 1**: Poner fin a la pobreza en todas sus formas en todo el mundo.
- **Objetivo 2**: Poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición y promover la agricultura sostenible.
- **Objetivo 3**: Garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades.
- **Objetivo 4**: Garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad y promover oportunidades de aprendizaje durante toda la vida para todos.
- **Objetivo 5**: Lograr la igualdad entre los géneros.
- **Objetivo 6**: Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos.
- **Objetivo 7**: Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos.
- **Objetivo 8**: Promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todos.
- **Objetivo 9**: Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación.
- **Objetivo 10**: Reducir la desigualdad en y entre los países.
- **Objetivo 11**: Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles.
- **Objetivo 12**: Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles.
- **Objetivo 13**: Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos.
- **Objetivo 14**: Conservar y utilizar en forma sostenible los océanos, los mares y los recursos marinos para el desarrollo sostenible.
- **Objetivo 15**: Proteger, restablecer y promover el uso sostenible de los ecosistemas terrestres, gestionar los bosques de forma sostenible, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras y poner freno a la pérdida de la diversidad biológica.
- **Objetivo 16:** Promover sociedades pacíficas e inclusivas para el desarrollo sostenible, facilitar el acceso a la justicia para todos y crear instituciones eficaces, responsables e inclusivas a todos los niveles.
- **Objetivo 17**: Fortalecer los medios de ejecución y revitalizar la Alianza Mundial para el Desarrollo Sostenible.

Estos objetivos pueden materializarse en metas más concretas. Por ejemplo, el objetivo de la producción sostenible puede por ejemplo concretarse en proporcionar medios para el almacenamiento eficiente de la energía (como baterías baratas) o en técnicas para la gestión eficiente de la demanda (como algunos dispositivos temporizadores que trasladan la demanda de los electrodomésticos a períodos con menor demanda eléctrica).

La tecnología social surge como respuesta a estos retos, pudiendo aparecer en el entorno académico, en la empresa o fomentarse desde las instituciones, pero siempre con el objetivo de mejorar las condiciones de vida de las comunidades en las que se implementa, además buscando la simplicidad y la eficiencia económica.

En la mayoría de los casos, es tecnología existente la que se aplica al fin social considerado. Por ejemplo, encontramos empresas dedicadas al abastecimiento de agua potable en zonas desfavorecidas. Para la empresa, que puede responder a una misión intensamente social y a la vez recoger beneficios sustanciales, no es necesario el desarrollo de tecnología nueva. Las técnicas existentes de construcción de pozos o potabilización del agua son suficientes.

Sin embargo, en otros casos las empresas surgen de una tecnología nueva, que como decíamos en el apartado anterior amplía los límites de lo que es o no posible. Proporcionamos varios ejemplos a continuación:

- La manipulación genética de los cereales ha conseguido multiplicar varias veces el rendimiento agrario y mejorar su resistencia frente a plagas.
- **Tesla** ha revolucionado el sector del vehículo eléctrico y el del almacenamiento de energía doméstico, creando una batería eficiente y compacta. Estos avances posibilitan una mejora considerable en eficiencia energética (además de en independencia) y, por tanto, en la transición hacia un sistema económico sostenible.
- **Wallbox**, es una empresa española que comercializa un cargador doméstico para coches eléctricos, con capacidades de carga rápida y gestión energética del hogar.

- **Daytwo** es una empresa médica, pionera en analizar de manera cruzada análisis del microbioma de los pacientes con sus características genéticas, haciendo recomendaciones nutricionales individualizadas que permiten controlar el azúcar en sangre sin necesidad de medicación.
- **Atom Limbs** y otras empresas similares producen prótesis controladas por impulsos nerviosos, lo que mejora considerablemente la calidad de vida de las personas afectadas de discapacidad.
- **Envira** es una empresa que emplea IoT (internet de las cosas, internet of things) para la monitorización de las condiciones de viñedos, permitiendo obtener rendimientos mejores y vinos de mayor calidad. Esta tecnología permite la gestión eficiente de los viñedos pequeños y mejora las posibilidades de desarrollo en áreas rurales.
- **Savana** es una empresa española que, mediante técnicas de procesamiento del lenguaje natural adaptadas al contexto médico, permite extraer datos de los historiales médicos y convertirla en información que pueda procesarse de manera útil. Esto abre la puerta a la medicina personalizada, en la que se extraen los patrones existentes en la historia de los pacientes para comprender la evolución de la enfermedad o el efecto de los tratamientos según las características del paciente. Esto ha permitido, por ejemplo, desentrañar factores principales en la evolución de pacientes COVID según se desarrollaba la pandemia y aprovechando todos los datos disponibles (Izquierdo, Ancochea, Soriano, & Savana COVID-19 Research Group, 2020).
- **Foren** emplea sistemas innovadores de realidad virtual combinada con electroestimulación para conseguir que los pacientes ingresados en UCI recuperen mejor la movilidad y sufran menos problemas derivados de su estancia.
- **Biomemakers** desarrolla análisis de las bacterias de la tierra para, en función de los cultivos, aportar solo los fertilizantes y pesticidas necesarios, minimizando el impacto ambiental y económico.
- **Rated Power** ofrece un software como servicio para automatizar el diseño de plantas fotovoltaicas, disminuyendo el coste y tiempo necesario.
- Varias empresas ofrecen a los restaurantes la posibilidad de monetizar los excedentes de sus platos y productos, minimizando el desecho de comida, a través del macheo automático de oferta y demanda en tiempo real.

Estas y otras muchas empresas tienen como propósito la solución de un problema social no sólo mediante la aplicación de tecnología existente, sino también del desarrollo de tecnologías nuevas. Al responder a estas necesidades, la creatividad del ingeniero se pone al servicio de la sociedad, no sólo a través del emprendimiento sino de la generación de tecnologías nuevas.

> *...la creatividad del ingeniero se pone al servicio de la sociedad...*

Es interesante observar cómo, este tipo de empresas, al ser capaces de operar globalmente con equipos deslocalizados, no solo son capaces de distribuir riqueza (por ejemplo, entre la gran ciudad y el medio rural) sino que en un entorno donde la política internacional se ha quedado agotada y asistimos a retrocesos a todos los niveles, son capaces de mantener y estrechar los lazos entre países y regiones, moderando el tono del dialogo y con foco en el ciudadano.

Adicionalmente, si consideramos que la adopción comercial de nuevas tecnologías tiene un despliegue exponencial (Kurzweil, 2015), quizás sean una de las principales alternativas para combatir problemas que crecen también de forma exponencial (como la concentración de dióxido de carbono en la atmosfera o el COVID19). Por tanto, en este contexto el propósito se entiende como la combinación de la intencionalidad correcta, la capacidad de escalar para muchos y el retorno económico que haga crecer el proyecto.

En estos momentos la capacidad inversora en este tipo de empresa se encuentra en máximos históricos, por lo que el ingeniero se debe posicionar ante el futuro y decidir dónde acaba el inventor y donde empieza el emprendedor.

5. Conclusiones: la responsabilidad del ingeniero ante los retos del presente

Los códigos deontológicos del ingeniero suelen centrarse en la ética negativa de nuestra práctica profesional – lo que no se debe hacer. Como un ejemplo especialmente trabajado, mencionamos el código deontológico de la National Society of Professional Engineers (NSPE, 2020), que acepta como fundamentos los siguientes:

- Considerar primordial la seguridad, la salud y el bienestar del público.
- Realizar servicios solo en áreas de su competencia.
- Emitir declaraciones públicas solo de manera objetiva y veraz.
- Actuar para cada empleador o cliente como fieles agentes o fideicomisarios.
- Evitar los actos engañosos.
- Conducirse de manera honorable, responsable, ética y legal para mejorar el honor, la reputación y la utilidad de la profesión.

Esta manera de ver la ética de la ingeniería resulta limitada tanto en su planteamiento como en su aplicación. Algunos autores, recientemente, han manifestado una necesidad de expresar no sólo la ética del ingeniero sino de la ingeniería en su conjunto como responsable del desarrollo y la aplicación de la tecnología. Además, estas visiones destacan la relación entre la ingeniería y otros actores sociales (Basart & Serra, 2013).

Además de esto, pensamos que debería subrayarse el papel de la ingeniería como creadora de tecnología con propósito – y de empresas con propósito, dedicadas a la mejora de las condiciones de vida de los seres humanos. Después de todo, el ingeniero es más que nada una persona dedicada a la solución de problemas. La ingeniería en su conjunto, ¿no debería definirse como solucionadora de los problemas de la humanidad en su conjunto? El papel del ingeniero en el emprendimiento de base tecnológica es clave, y es claro que las empresas, como mencionábamos anteriormente, se fundan mayoritariamente con motivaciones extraeconómicas.

ICAI es probablemente una de las escuelas de ingeniería de España en la que más importancia se le está dando al emprendimiento, con una asignatura dedicada a él desde hace varios años y un diploma en emprendimiento recién estrenado. A la vez, le damos importancia al factor social desde el origen de la formación que se oferta y que plantea formar a los mejores para el mundo. En los últimos años, incluso, los alumnos de ICAI realizan proyectos sociales en el marco de la asignatura obligatoria Aprendizaje y Servicio.

Es el momento de acentuar también el papel creativo de la tecnología, el emprender con un objetivo social, pero desde la creatividad que mueve las fronteras de lo que es o no posible, de hacer ingeniería con propósito, de alinear tres aspectos que la universidad ya tiene y reconocer el rol del ingeniero en el vector tecnología-economía-impacto como paso necesario para solucionar los problemas de la humanidad.

Bibliografía

- "Global sustainable investing assets surged to $30 trillion in 2018 | greenbiz". www.greenbiz.com.
- Ban, K. (2016). Sustainable development goals.
- Basart, J. M., & Serra, M. (2013). Engineering ethics beyond engineers' ethics. Science and Engineering Ethics, 19(1), 179-187.

- Brest, P., & Born, K. (2013). When can impact investing create real impact. Stanford Social Innovation Review, 11(4), 22-31.
- Caplan, L., Griswold, J. S., & Jarvis, W. F. (2013). From SRI to ESG: The changing world of responsible investing. Commonfund Institute,
- The catholic church becomes an impact investor.(2017, The Economist,
- Friedman, M. (2007). The social responsibility of business is to increase its profits. Corporate ethics and corporate governance (pp. 173-178) Springer.
- Grim, D. M., & Berkowitz, D. B. (2020). ESG, SRI, and impact investing: A primer for decision-making. The Journal of Impact and ESG Investing, 1(1), 47-65.
- Izquierdo, J. L., Ancochea, J., Soriano, J. B., & Savana COVID-19 Research Group. (2020). Clinical characteristics and prognostic factors for intensive care unit admission of patients with COVID-19: Retrospective study using machine learning and natural language processing. Journal of Medical Internet Research, 22(10), e21801.
- Lashgari, M. K., & Gant, D. R. (1989). Social investing: The sullivan principles. Review of Social Economy, 47(1), 74-83.
- NSPE. Ethical code.
- Stephan, U., Hart, M., & Drews, C. (2015). Understanding motivations for entrepreneurship: A review of recent research evidence.
- Zanakis, S. H., Renko, M., & Bullough, A. (2012). Nascent entrepreneurs and the transition to entrepreneurship: Why do people start new businesses? Journal of Developmental Entrepreneurship, 17(01), 1250001.
- Kurzweil, R. (2005) The singularity is near

Sara Lumbreras

Sara Lumbreras Sancho es doctora e ingeniera industrial por la Universidad Pontificia Comillas. Es investigadora en el Instituto de Investigación Tecnológica e imparte docencia en el Departamento de Organización Industrial en ICAI y en el de Gestión Financiera en ICADE.

Actualmente es subdirectora de Resultados de Investigación en el Instituto de Investigación Tecnológica. Su investigación se centra en el desarrollo y la aplicación de técnicas de apoyo a la decisión en problemas complejos, principalmente en el sector de la energía y en especial en el diseño de redes, pero también en finanzas y en el sector de la salud. Trabaja con técnicas de optimización clásica como descomposición de Benders, heurísticos e inteligencia artificial. Cuenta también con cinco años de experiencia en el sector privado (JPMorgan Londres).

Además de sus actividades principales, desarrolla una línea secundaria de investigación en filosofía de la tecnología y las implicaciones de la inteligencia artificial en antropología. Forma parte de la junta de la Cátedra de Ciencia, Tecnología y Religión en la Universidad Pontificia Comillas. Es Global Shaper del Foro Económico Mundial y Marshall Memorial Fellow.

Ingeniero que piensa como un médico, Jorge Tello Guijarro posee un máster en Ingeniería Industrial. Se licenció en ICAI - Universidad Pontificia Comillas y realizó su posgrado en Gestión de Proyectos en la misma universidad.

Jorge trabajó durante más de una década en Naturgy. En primer lugar, como ingeniero de I + D + i, participando en el diseño y ejecución de diversos tipos de proyectos para la empresa. Posteriormente, se convirtió en líder del equipo, a cargo del desarrollo y mantenimiento de las aplicaciones de simulación y capacitación para el centro de control eléctrico. Durante ese período también lideró discusiones sectoriales en Bruselas, sobre iniciativas legislativas europeas.

Hace siete años fundó Savana, junto a Ignacio Hernández y Alberto Giménez, con el objetivo de acelerar la forma en que se genera la ciencia médica en el mundo e impactar la vida de millones de personas. En la actualidad, Savana emplea a más de 100 profesionales altamente capacitados con una amplia gama de conocimientos y está presente en Europa occidental y América del Norte.

Jorge fue galardonado con el premio al Emprendedor de la Asociación de Ingenieros del ICAI en 2020, y declarado por Forbes como uno de los 100 españoles más creativos en los negocios en 2021.

Mesa 4 / Ponencia 5

GUERRA POR EL TALENTO: CÓMO HACER DE ESPAÑA UN FOCO DE ATRACCIÓN DE TALENTO INTERNACIONAL

Ramón Rodrigáñez Riesco. *Co-fundador y COO. Nova Talent*

1. Vivimos una Guerra por el Talento

"Talentism is the new capitalism." Con esta provocadora frase, el Dr. Karl Schwab, fundador del Foro Económico Mundial, abría el evento de Davos de 2013. Y si entonces podíamos aún preguntarnos a qué se refería con esa frase, 8 años más tarde es simplemente la constatación de una de las claves que explican la actual Guerra por el Talento que vivimos.

¿QUÉ ES LA GUERRA POR EL TALENTO?

El concepto de Guerra por el Talento fue introducido por McKinsey & Company en un famoso paper titulado "The War for Talent"[1] del año 1998. En ese momento, en los albores de la revolución digital y la burbuja de Internet, la consultora ya atisbaba cómo muchas organizaciones americanas comenzaban a tener problemas de oferta de talento de alto potencial en puestos clave, lo que provocaba enormes tiempos de sustitución y aumentos de sueldos muy importantes en posiciones ejecutivas clave.

Desde entonces, el término no ha parado de crecer en su uso hasta convertirse en probablemente la preocupación número uno de cualquier director de recursos humanos que se precie. El número de artículos, charlas TED y libros escritos a su alrededor es innumerable. "The war for talent is over, and talent

[1] The War for Talent: https://www.researchgate.net/publication/284689712_The_War_for_Talent

[2] The War for Talent is over and Talent Won": https://www.youtube.com/watch?v=1cvtpDrp7jk

won"[2] decía ya en 2010 Lance Jensen Richards, Senior Director en Kelly Services, una de las mayores compañías de staffing y contracción de Estados Unidos.

El concepto de Guerra por el Talento es sencillo: la revolución digital que vivimos desde finales del siglo XX ha cambiado el mercado de la contratación de talento de alto potencial (entendido como el talento cualificado más productivo y más difícilmente automatizable y reemplazable por máquinas) en un mercado controlado por la oferta y no por la demanda. Vivimos una situación en la que compañías de cualquier tipo y sector compiten por contratar el mismo tipo de talento cualificado y en la que ese talento tiene, por tanto, muchas más oportunidades y mucho mayor poder en la relación laboral del que podría haber tenido en cualquier otra época de la historia.

La revolución tecnológica que vivimos ha transformado 3 elementos clave de la economía que, a su vez, han provocado esta Guerra por el Talento:

1. El cambio de la relativa importancia de los factores productivos.
2. El cambio de las relaciones laborales, no sólo en su tiempo sino en su propia naturaleza.
3. La polarización de la productividad y la creación de élites ultra-productivas.

ELEMENTO 1: EL CAMBIO DE LA RELATIVA IMPORTANCIA DE LOS FACTORES PRODUCTIVOS

En clase de Economía 1.0 aprendemos que existen 3 factores productivos: la tierra, el capital y el talento o trabajo humano. En general, la historia de la humanidad no es sino una evolución de la relativa importancia de los mismos y un cambio de las estructuras de poder relacionado con el control de dichos factores productivos.

Si hacemos un repaso histórico al control de dichos factores desde la revolución neolítica hasta nuestros días, encontramos 4 grandes periodos donde 3 grandes revoluciones relacionadas con el control de los 3 factores productivos han provocado el cambio de un periodo hasta el siguiente:

- Prehistoria
    - Revolución neolítica: control de la tierra y aparición de las ciudades y los Estados-nación.
- Neolítico - S. XVIII: la tierra como factor predominante de la economía. Los reyes, nobles o terratenientes en general controlan la tierra y con eso el mundo.
    - Revolución industrial: aparición del capital y las máquinas, creación de las primeras fábricas y empresas. Los activos tangibles permiten la creación de riqueza.
- S. XVIII - S. XX: el capital como factor predominante de la economía. Los "capitalistas" y las fortunas en general que controlan las fábricas y los procesos productivos controlan el mundo. No se puede crear riqueza sin riqueza previa.
    - Revolución digital: internet y la tecnología digital cambian el mundo y permiten la creación de riqueza sin apenas inversión.
- S. XXI: el talento humano como factor predominante de la economía. Las personas con más talento y más productivas pasan a controlar el mundo (pocas personas con talento que sepan utilizar la tecnología pueden crear empresas de miles de millones de dólares). Los activos intangibles son el motor de la economía.

Este cambio del peso de los factores productivos se refleja en que todas las empresas necesitan de este talento cualificado para prosperar y, por ende, cambian las relativas fuerzas de candidato y empresa en la relación laboral. El talento ahora manda, ya que tiene muchas más opciones de elegir: si hace 10 años los mejores perfiles de ICAI se iban a consultoría, banca de inversión o empresas eléctricas, ahora mismo se están yendo a esas empresas y también a empresas tecnológicas, startups, a emprender ellos mismos o a trabajar en ONGs internacionales.

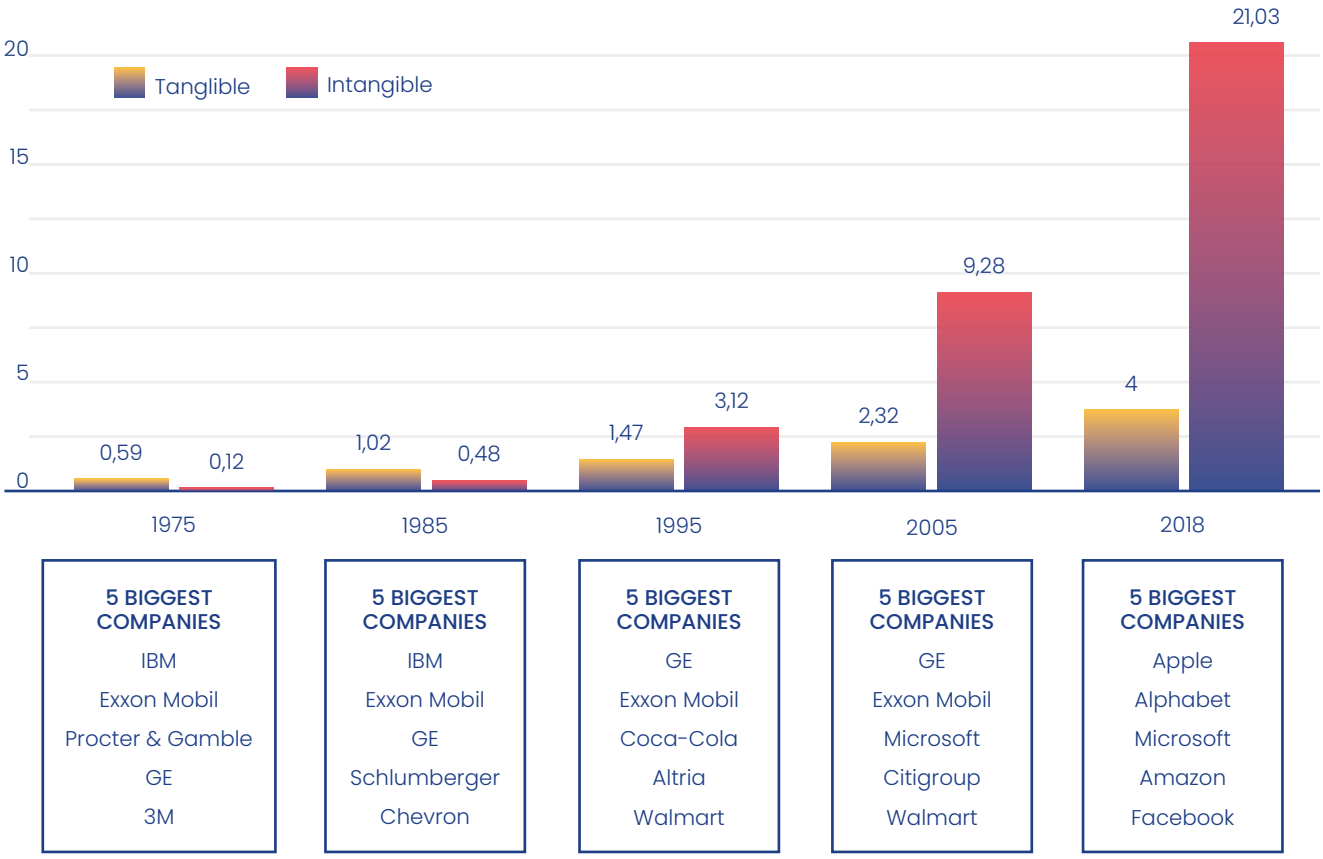
Aunque aún en economías con paros estructurales altos como la española sea difícil de apreciar en perfiles de negocio o más generalistas, simplemente porque abundan más, esta situación ya es muy evidente para todo aquel que se haya enfrentado a la contratación de perfiles digitales. Los datos también lo demuestran: según el estudio de Manpower de 2021[3], el 69% de los empleadores a nivel mundial

[3] Manpower Talent Shortage Report 2021 https://go.manpowergroup.com/hubfs/Talent%20Shortage%202021/MPG_2021_Outlook_Survey-Global.pdf

reportan escasez de talento y dificultad para llenar vacantes, el máximo de los últimos 15 años y más del doble de lo que se reportaba en 2010 (31%).

La nueva preponderancia del talento como factor clave de la economía del conocimiento se ve muy sencillamente en la relativa importancia de los activos tangibles e intangibles de las empresas.

En el año 1975, de las 5 empresas más grandes del mundo (Exxon, IBM, GE, P&G), apenas el 16% de los activos eran intangibles[4]. Ahora, si uno mira los activos de Amazon, Facebook o Google, el 84% de los activos son intangibles, es decir, que lo más valioso que tienen son sus equipos de ingeniería capaces de cambiar industrias completas con software y talento.



ELEMENTO 2: EL CAMBIO DE LAS RELACIONES LABORALES, NO SÓLO EN SU TIEMPO SINO EN SU PROPIA NATURALEZA

Por si no fuera poco el cambio de la relativa importancia de los factores productivos, se le añade simultáneamente una transformación profunda de las relaciones laborales, que son muy diferentes en su forma y duración a las que tenían las generaciones anteriores.

La revolución tecnológica no sólo ha cambiado la forma en que nos comunicamos, en que aprendemos o en que viajamos, sino que ha modificado drásticamente el comportamiento de las nuevas generaciones frente al empleo. Si los baby-boomers que se están retirando ahora pasaban fácilmente 20 años o más en una misma empresa con la que establecían lazos casi familiares, los millenials y la generación Z se toman el empleo como una relación de consumo, mucho más cortoplacista.

Esta nueva relación se parece mucho a una relación de consumo con un producto: las empresas empiezan a trabajar su marketing (i.e., su "Marca Empleadora"), las cualidades de su producto (i.e., "Propuesta de valor del empleado") para atraer talento y desarrollan iniciativas concretas de recurrencia (i.e., "Retención") para lograr retenerlo, tal y como haría una empresa de bienes de consumo.

En 2025, el 75% de la población mundial en edad de trabajar será "millenial". Tanto "millenials" como la generación "Z" que les sigue son generaciones muy

[4] Fuente: Bankinter - https://www.bankinter.com/blog/empresas/activos-intangibles-empresa-que-son

diferentes a los "Baby-boomers" que dejan ahora el mercado laboral y a la generación "X" que todavía predomina en el mismo. Las nuevas generaciones ya no valoran principalmente la retribución económica y la estabilidad, sino que son mucho menos adversas al riesgo y no creen en el prestigio de trabajar en empresas grandes y tradicionales.

La duración media del empleo cualificado ha caído hasta los 2.8 años de media[5], según el último informe del departamento de estadísticas de empleo de Estados Unidos. Y es que, cuando un millenial o un Z se plantea su empleo, lo hace en un horizonte temporal mucho más corto y pronto desea cambiar y aprender nuevas cosas. Si la gente cambia de trabajo más frecuentemente, aumenta la rotación y por ende es más probable que las empresas tengan vacantes sin cubrir y que tengan que destinar más recursos a captar talento que reemplace la creciente salida.

Estas nuevas generaciones quieren, además de una buena retribución, crear impacto y encontrar propósito en su trabajo, y señalan la flexibilidad y la calidad de vida como condiciones irrenunciables. En ese sentido, el emprendimiento, las startups y empresas tecnológicas se han convertido en las opciones profesionales más interesantes para el mejor talento joven, que encuentra en ellas la mezcla propósito, calidad de vida y flexibilidad que buscan.

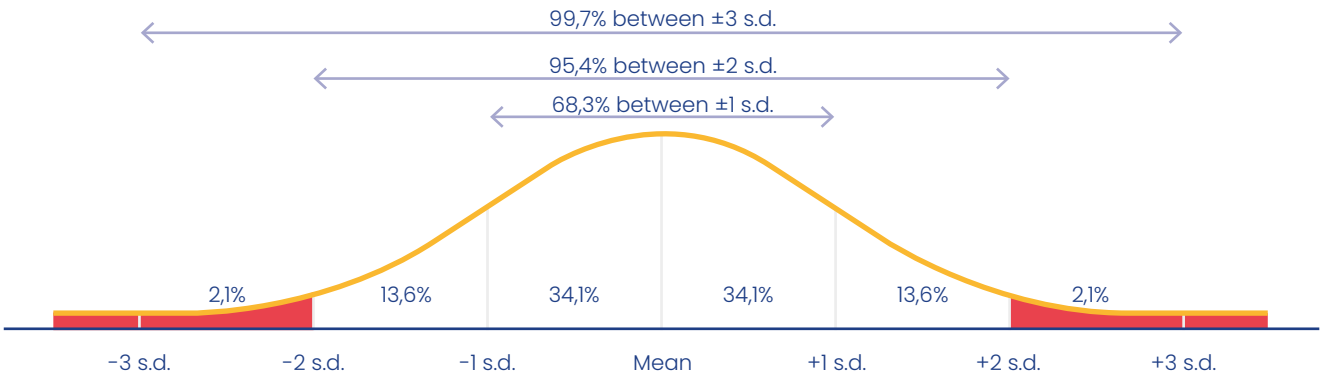
Y por si esto fuera poco, al cambio generacional se le une otro cambio de paradigma: el trabajo por proyectos y el auge del movimiento freelance (también conocido como la "Gig Economy"), que está para quedarse. La creciente demanda de flexibilidad por parte del talento se une a una pura cuestión de eficiencia: en un mundo cada vez más complejo e interconectado, lo más lógico es que los perfiles cualificados se especialicen en un tipo de proyectos o tareas que puedan desempeñar para diversas empresas y organizaciones, que necesitan de esos expertos para seguir creciendo y creando valor.

Ante la escasez de talento cualificado y las crecientes demandas de flexibilidad, muchas compañías ya comienzan a cambiar sus estrategias de captación de talento y están traspasando parte de sus puestos tradicionales indefinidos hacia freelancers, como demuestra el estudio de Harvard Business Review[6]. Si bien todavía afecta principalmente a perfiles digitales, con toda probabilidad esta tendencia irá abarcando nuevos tipos de perfiles en los próximos años. El COVID y el trabajo remoto, como veremos más adelante, sólo aceleran e intensifican este cambio de paradigma.

ELEMENTO 3: LA POLARIZACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD Y LA CREACIÓN DE ÉLITES ULTRA-PRODUCTIVAS

Finalmente, al cambio de la relativa importancia de los factores productivos y al cambio en la duración y naturaleza de las relaciones laborales se le une un tercer factor que intensifica más si cabe la Guerra por el Talento: la polarización de la productividad provocada por la revolución tecnológica.

Como cualquier otra distribución de facultades humanas, la productividad de los trabajadores se comporta como una curva gaussiana donde la mayoría de la población (en concreto, el 95% de la misma), se encuentra a más o menos 2 desviaciones típicas de la media:



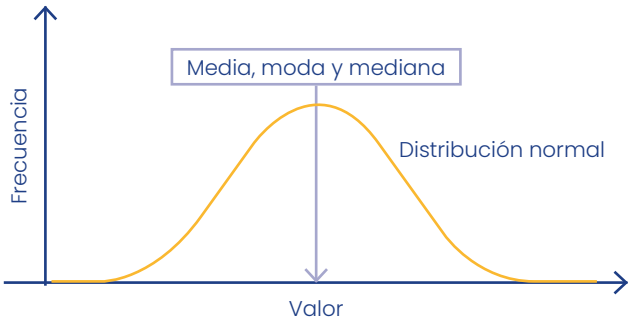
[5] Bureau of Labor Statistics of the US - https://www.bls.gov/news.release/pdf/tenure.pdf

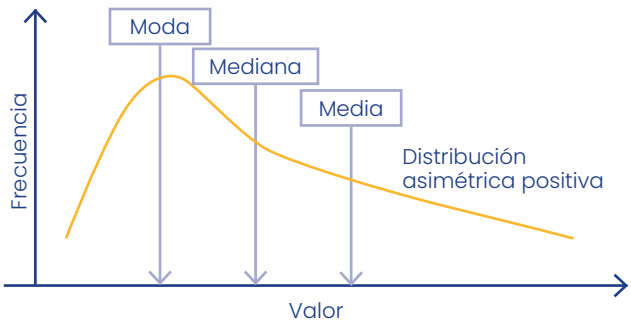
[6] Harvard Business Review - Building the on-demand Workforce - https://drive.google.com/file/d/199YN1O9sgxG6hrkLKIO8BBarCGVL1NdY/view

Resulta evidente que, con las nuevas herramientas digitales, la desviación típica de la distribución de productividad humana ha aumentado de forma exponencial. La diferencia entre aquellos que saben utilizar las tecnologías digitales, que son capaces de automatizar tareas repetitivas, que pueden aprender de los datos con herramientas de Inteligencia Artificial o simplemente que saben utilizar el poder de las redes sociales, y aquellos que no son capaces de ello, es cada día más grande. Esto representa problemas graves para el futuro del empleo.

Así, mientras que unos pocos trabajadores son capaces de hacer el trabajo que antes hacían cientos o miles de personas, otros tantos no encuentran ya trabajos indefinidos y se ven obligados a aceptar empleos precarios con salarios bajos y escasa seguridad laboral, como por ejemplo los proporcionados por plataformas de reparto de comida a domicilio.

Es muy posible además que la distribución antaño normal se haya ido convirtiendo progresivamente en una distribución conocida en estadística como asimétrica positiva o "hacia la derecha" como la de la figura, donde la moda (lo más frecuente) está por debajo de la mediana (percentil 50%) que está por debajo de la media aritmética.





Si bien hay muy pocos datos al respecto, el estudio laboral del ministerio de economía de Chile de 2017 reflejaba ya una distribución con una gran asimetría positiva[7]. Resulta lógico pensar que, a medida que la tecnología avanza, la diferencia productividad de aquellas personas que usan la tecnología y aquellas que dependen de su cuerpo y su trabajo manual para su trabajo vaya aumentando. Esto, unido a la creciente precarización de muchos empleos antaño estables invita a pensar que, efectivamente, la curva de productividad tiene asimetría positiva.

Un estudio de McKinsey del año 2017[8] demostraba que el talento de alto potencial es de media 4 veces más productivo que un trabajador medio, con hasta 8 veces más productividad cuando se enfrenta a tareas complejas.

Esta diferencia abismal de productividad es una de las principales causas de la Guerra por el Talento: es infinitamente más eficiente contratar más de trabajadores de alto potencial que casi ninguna otra iniciativa que una empresa pueda llevar a cabo, lo que lleva a las compañías a pelear por el talento de alto potencial y está creando élites superproductivas de trabajadores que son cada día responsables de un mayor porcentaje de la creación de riqueza a nivel mundial y que, por tanto, cada día tienen más poder respecto de sus empleadores en la relación laboral y demandan un mayor control de esa riqueza creada.

2. La nueva realidad post-COVID y el cambio generacional cambian las reglas de la Guerra por el Talento y la convierten en una Guerra entre Naciones

EL COVID HA ACABADO CON LAS BARRERAS GEOGRÁFICAS DE ACCESO AL TALENTO

El COVID y la aceleración del trabajo remoto y flexible han acelerado la globalización de la fuerza productiva que el mundo ha vivido desde finales del siglo XX. La pandemia nos ha enseñado a todos, por las buenas o por las malas, que nuestros paradigmas

[7] Productividad laboral sectorial y por tamaño de empresa https://www.economia.gob.cl/wp-content/uploads/2017/03/Bolet%C3%ADn-productividad-laboral-ELE4v2-1.pdf

[8] Attracting and Retaining the Right Talent https://www.mckinsey.com/business-functions/people-and-organizational-performance/our-insights/attracting-and-retaining-the-right-talent

de presencialidad están obsoletos y que hay una gran mayoría de trabajos de alta cualificación que se pueden hacer sin problema desde casa, incluso con incrementos de productividad como demuestra un estudio de Stanford[9], que cifra el aumento de productividad en un 13%.

Los beneficios de trabajar desde casa son obvios: mejora el equilibrio entre vida personal y profesional, permite evitar importantes cantidades de tiempo perdidas en traslados diario, mejora la calidad de la comida de los trabajadores, etc. Según Cisco[10] , hasta el 57% de los trabajadores quieren trabajar menos de 3 días a la semana en la oficina.

Esta revolución del trabajo remoto ha provocado que el número de trabajadores de alta cualificación que trabajan completamente el remoto haya pasado del 17% al 41% en Estados Unidos entre antes y después de la pandemia, según datos de Gallup[11].

En esta situación, las barreras geográficas de acceso al talento ya no tienen sentido, y las empresas han comenzado a contratar talento a nivel global. De hecho, muchas de las startups y scaleups más famosas del mundo son compañías que trabajan de forma 100% remota, lo que les permite acceder a un pool de talento global y contratar en geografías menos saturadas y donde los salarios son más bajos. Es el caso por ejemplo de compañías como Zapier, GitLab o las españolas Capchase y Colvin, que no tienen oficinas o permiten a sus trabajadores trabajar de forma 100% remota si así lo desean.

Este empuje de las startups ha llevado también a otras tecnológicas como Facebook a abrirse a trabajo 100% remoto, de forma que ya no hace falta vivir en Silicon Valley para trabajar en las compañías más innovadoras del mundo. Empresas como Remote o Deel, que ayudan a otras empresas a contratar de forma remota, han crecido de forma exponencial desde la pandemia para hacer frente a la creciente demanda de contratación global y remota.

LA NUEVA GUERRA POR EL TALENTO YA NO ES SOLO A NIVEL EMPRESA, SINO QUE SE PRODUCE A ESCALA INTERNACIONAL ENTRE PAÍSES

Esta combinación de la explosión del trabajo remoto y del cambio de prioridades de las nuevas generaciones hace que la Guerra por el talento salte del ámbito puramente empresarial al ámbito nacional. Dónde vivan, dónde generen riqueza, dónde paguen impuestos y dónde consuman los trabajadores de alto potencial determinará en gran medida la capacidad de los estados de prosperar, puesto que estos trabajadores de alto potencial serán los responsables de una creciente parte de la riqueza mundial.

Un ejemplo paradigmático de esta situación es el de los "nómadas digitales," jóvenes millenials que trabajan en el ámbito digital, normalmente como freelancers, y que lo hacen de forma 100% remota desde diferentes lugares del mundo, muchas veces ligados a sus aficiones. Por ejemplo, en Tarifa existe una importante comunidad de estos nómadas aficionados al Kitesurfing, que viajan a otros lugares del mundo durante algunas épocas del año. Atraerlos y lograr que consuman y trasladen su residencia fiscal a su país debería ser una prioridad para cualquier gobernante.

Por tanto, los estados deben comenzar a plantearse la atracción y retención de talento de alta cualificación como uno de los pilares fundamentales de su estrategia de país. Aquellos que sean capaces de ofrecer un elevado nivel de calidad de vida y lo combinen con tasas impositivas bajas serán los ganadores en esta guerra internacional por el talento.

> *...las barreras geográficas de acceso al talento ya no tienen sentido, y las empresas han comenzado a contratar talento a nivel global.*

[9] Stanford study on Productivity, 2014 https://nbloom.people.stanford.edu/sites/g/files/sbiybj4746/f/wfh.pdf

[10] Cisco's website https://www.webex.com/hybrid-work.html

[11] https://news.gallup.com/poll/355907/remote-work-persisting-trending-permanent.aspx

3. España ante la guerra por el talento. ¿Cómo convertirnos en un polo de atracción de talento?

Una vez entendido el origen de la guerra por el talento y cómo la ausencia de barreras geográficas y las prioridades de las nuevas generaciones la han convertido en una guerra entre países, cabe preguntarse cómo hacer de España un polo de atracción de talento internacional. Si bien se habla a menudo en los medios de comunicación de la "fuga de talento" y cómo evitarla, el objetivo no debería ser únicamente evitar que nuestro talento más cualificado, que hemos formado con nuestros impuestos, se quede en España. Deberíamos ir más allá y tratar de atraer talento altamente cualificado de otros países para que viva, consuma e instale su residencia fiscal en España, ya que lograrlo puede marcar la diferencia para el futuro de nuestra nación.

POR QUÉ ESPAÑA TIENE LAS CONDICIONES PARA ATRAER AL MEJOR TALENTO INTERNACIONAL

España puede ofrecer una calidad de vida realmente única en Europa y probablemente en el mundo, gracias principalmente a 7 factores que se encuentran entre los más representativos de la calidad de vida de un país:

1. Clima. Una de las razones que nos hace el segundo país del mundo en número de visitantes y quizás los que más valora el talento del norte de Europa cuando viene a España es nuestra privilegiada meteorología. Las horas de luz se asocian cada vez más al estado de ánimo, y el auge del cuidado del cuerpo y del deporte se benefician de climatologías más suaves que permiten deportes acuáticos y al aire libre.
2. Localización geográfica. España cuenta con una localización particularmente interesante para el talento que trabaja en compañías internacionales, ya que el horario se adapta sin problemas a personas que trabajen en Asia o en América, pudiendo convertirse así en un punto de referencia para los equipos centrales de compañías internacionales que tengan talento por todo el mundo.
3. Gastronomía. La comida española es considerada entre las mejores del mundo y nuestro país cuenta con muchos de los mejores restaurantes y cocineros a nivel internacional.
4. Oferta cultural y de ocio. Sin duda uno de los pilares de nuestro turismo, la oferta cultural y de ocio en España está ya a la vanguardia a nivel internacional, lo que representa también un gran activo a la hora de atraer talento internacional a vivir a nuestro país.
5. Seguridad. España es uno de los países más seguros del mundo y con menor índice de criminalidad.
6. Salud. La esperanza de vida en España es la segunda más elevada del mundo gracias a nuestra dieta, a la calidad de nuestro sistema sanitario, a nuestras costumbres y a nuestro clima.
7. Coste de vida. El coste de vida en España es inferior al de otros países europeos, por lo que el talento cualificado que gane salarios internacionales trabajando desde España disfrutará de un mayor nivel relativo de renta. No obstante, esta ventaja debería ir desapareciendo a medida que España atrae talento cualificado, ya que el aumento del nivel medio de riqueza debería conllevar un aumento del nivel de precios vs. otros países.

Todas estas condiciones, en su mayoría asociadas a un elevado nivel de calidad de vida, hacen sin duda de España un potencial foco de atracción de talento internacional. España debe tratar de convertirse en un referente de lo que en Equipo País[12] se llamó "la buena vida".

Además, España cuenta con un importante prestigio internacional en cuanto a la calidad y cantidad de ingenieros, lo que está permitiendo a nuestro país atraer a grandes multinacionales tecnológicas como Amazon, Klarna o Google para crear grandes centros tecnológicos y de innovación en nuestro país. También son cada vez más las startups con sedes en Delaware e inversores estadounidenses pero equipos técnicos basados en Madrid como Fever o Capchase, entre otras muchas, que demuestran cómo se puede localizar el talento en España.

[12] https://www.equipopais.org/

> *...España cuenta con un importante prestigio internacional en cuanto a la calidad y cantidad de ingenieros...*

CAUSAS DE LA FUGA DE TALENTO DE ESPAÑA: QUÉ NOS IMPIDE CONVERTIRNOS EN EL ANSIADO POLO DE ATRACCIÓN DE TALENTO INTERNACIONAL

No obstante, España también encuentra retos importantes a la hora de atraer talento internacional, así como de retener el talento cualificado que producimos.

En primer lugar, es evidente que el tejido industrial y tecnológico español está infradesarrollado, lo que no solo no permite atraer talento extranjero, sino que nos impide retener el propio talento que producimos. Un estudio reciente del "think tank" CEPS cifraba en casi 87.000[13] el número perfiles cualificados netos, en su mayoría ingenieros y médicos, que habían abandonado España entre los años 2007 y 2017. Sólo las empresas industriales y tecnológicas que generan puestos de trabajo altamente cualificados son capaces de localizar en España el recurso más valioso en la economía del conocimiento: el talento de alto potencial.

Por otro lado, seguimos siendo un país complejo para hacer negocios. En España crear una compañía, realizar transacciones o repartir paquetes de acciones que atraigan el talento sigue siendo altamente complejo y requiere de un elevado gasto administrativo y procesos burocráticos lentos, tanto en comparación con USA como con otros países europeos. El índice "Doing Business"[14] del 2019 nos sitúa en el puesto 30 en cuanto a facilidad de hacer negocios, muy lejos de países como Estados Unidos, Alemania, UK o Suecia, entre otros. Somos además el 5º país más caro de Europa para montar una empresa, con 464€ en gastos burocráticos.

Del mismo modo, no existe un atractivo fiscal que impulse a, talento y a las startups a querer localizarse en España. La nueva ley startup, si bien va en la buena dirección, se equivoca en algunas de sus premisas básicas y sigue dejando al ecosistema español en desventaja en relación a sus homólogos europeos. Una de las medidas estrella del Gobierno ha sido reducir de. 25% al 15% del impuesto sociedades, lo cual es un sinsentido ya que este tipo de compañías no suelen dar beneficios en sus primeros años de vida.

Por otro lado, aunque se ha ampliado el margen de exención hasta los 45.000€, nuestras stock options tienen un problema fiscal grave, ya que siguen tributando como rendimientos del trabajo y pagan impuestos cuando se cobran, sin que el empleado haya recibido dinero por ellas con el que pagar los impuestos que se requieren y obligando a la empresa a una retención de IRPF sin que haya un dinero de por medio. Es por ello que en España se sigue recurriendo a las "Phantom Shares", que no alinean objetivos entre accionistas y empleados, que siguen computando como rendimientos del trabajo y que no permiten a los empleados participar en rondas en secundario.

Para más inri, las startups españolas, al no poder tener acciones en autocartera salvo en situaciones muy complejas, lo tienen complicado para repartir acciones entre los empleados. La Ley de Sociedades de Capital no permite además al consejo de administración ampliar capital para el stock pool de empleados, lo que obliga a convocar juntas generales innecesarias y ralentiza la operación de la compañía.

Finalmente, tras muchos años de software, apps y plataformas digitales "simples," la siguiente revolución tecnológica va a estar mucho más ligada a la investigación básica y a la verdadera disrupción de materiales, tecnologías y procesos, donde España presenta un grave problema de falta de inversión y de escasa transferencia tecnológica. Según los últimos datos de Eurostat, España ocupa el puesto 25 de los 27 de la unión Europea en cuanto a exportaciones de alta tecnología con un peso del 5,5% vs. el 11,7% del conjunto de la UE.

[13] https://www.ceps.eu/wp-content/uploads/2019/04/EU%20Mobile%20Workers.pdf

[14] https://datosmacro.expansion.com/negocios/doing-business

4. Propuestas para convertir España en un polo internacional de atracción de talento

Sería muy complejo dar una solución exhaustiva que permita a nuestro país convertirse en un polo de atracción de talento, ya que lograrlo será un proceso largo y costoso y que pasará por otras reformas clave, tales como una nueva reforma laboral que reduzca la temporalidad, una importante inversión en infraestructuras o una mejorada ley de educación, entre otras muchas.

No obstante, hay 3 iniciativas clave a corto plazo que podrían ayudar a España a comenzar a atraer talento de alto potencial y a posicionarse en la guerra por el recurso más escaso y valioso de la economía: el talento. Estas medidas son:

1. Mejorar la legislación stock options en la Ley Startup (por el problema fiscal y de caja que suponen) y cambiar la Ley de Sociedades del Capital (permitiendo en mayor medida la autocartera) para ayudar al ecosistema startup español a competir con sus homólogos europeos en igualdad de condiciones.
2. Realizar un gran plan de aumento de la inversión en i+d+i y de la transferencia tecnológica que fomente la inversión de las empresas españolas en investigación y su colaboración con las universidades para llevar esa investigación al mercado.
3. Llevar a cabo un plan de atracción fiscal de talento tecnológico. En lugar de bajar el impuesto de sociedades, hay que reducir cotizaciones y facilitar el empleo de españoles y extranjeros por parte de empresas tecnológicas extranjeras en España. Del mismo modo, debemos ser más agresivos en la reducción impositiva al talento que decida localizarse en nuestro país, tanto si trabaja para empresas con sede en España como si lo hace como "freelance" o nómada digital trabajando para empresas extranjeras.

5. Conclusión

La revolución digital ha provocado una Guerra por el talento basada en 3 pilares: 1) el talento se ha convertido en el factor productivo clave de la economía; 2) las relaciones laborales están cambiando en su naturaleza y en su forma, aumentando la rotación y la necesidad de los empleadores por contratar; y 3) se está polarizando la productividad y están apareciendo élites de trabajadores superproductivos, responsables de cada vez un % mayor de la creación de riqueza a nivel mundial. Esta Guerra ha cambiado las dinámicas del mercado de trabajo, que para los trabajadores de alto potencial ha pasado de ser un mercado controlado por la demanda a uno controlado por la oferta, donde los trabajadores tienen cada vez más poder en la relación laboral.

Por otro lado, el COVID y la aceleración del trabajo remoto y flexible no hacen sino acelerar una globalización de la fuerza productiva que ya se experimentaba desde hace años pero donde ya no existen barreras geográficas: ya no hace falta vivir en Nueva York o Silicon Valley para trabajar para las compañías más innovadoras del mundo. Por tanto, esa guerra por el talento, que tradicionalmente se entendía en la competición de empresas por talento, salta ahora a la competición entre unos estados-nación en decadencia que cada vez necesitan más de ese talento para sostener sus economías.

Además, el cambio generacional que experimentamos y que hará en 2025 que el 75% de la población mundial en edad de trabajar sea "millenial", genera una oportunidad singular. Las nuevas generaciones ya no valoran exclusivamente la retribución económica, son mucho menos adversas al riesgo y el prestigio de marcas tradicionales está en clara decadencia. Estas nuevas generaciones quieren, además de una buena retribución, crear impacto y encontrar propósito en su trabajo, y valoran la flexibilidad y la calidad de vida como condiciones irrenunciables. En ese sentido, el emprendimiento, las startups y empresas tecnológicas se han convertido en las opciones profesionales más interesantes para el mejor talento joven.

Por tanto, si queremos que España genere riqueza y asegure el bienestar de nuestro de las generaciones actuales y futuras, la atracción y retención de talento de alto potencial es probablemente el factor más importante de cara a los próximos 100 años. Necesitamos atraer ese talento puesto que dónde vivan, dónde generen riqueza, dónde paguen impuestos y dónde consuman estas personas determinará en gran medida la capacidad de los Estados de prosperar.

En esta Guerra por el talento, España parte de una situación privilegiada para competir por este recurso valiosísimo: nuestro estilo de vida, nuestra gastronomía, nuestro carácter, nuestra posición geográfica, nuestra esperanza de vida y la seguridad e infraestructuras de transporte de que disponemos, nos permiten pensar que es posible hacer de España un polo de atracción de talento a nivel mundial. España puede ser referente de lo que en Equipo País se llamó "la buena vida". Además, nuestro país tiene muy buenas escuelas de ingenierías y un porcentaje relativamente elevado de perfiles STEM que permite pensar que es posible crear polos de desarrollo tecnológico en nuestro país, como ya han empezado a realizar empresas como Google, Amazon, o startups con sedes en Delaware e inversores estadounidenses pero equipos técnicos basados en Madrid como Fever o Capchase, entre otras muchas.

No obstante, también tenemos retos muy importantes: España sigue siendo un país complejo para hacer negocios donde crear una compañía, realizar transacciones o repartir paquetes de acciones que atraigan el talento sigue siendo altamente complejo y requiere de un elevado gasto administrativo y procesos burocráticos lentos, tanto en comparación con USA como con otros países europeos. Del mismo modo, no existe un atractivo fiscal que impulse a talento y startups a querer localizarse en España. Finalmente, tras muchos años de software, apps y plataformas digitales "simples," la siguiente revolución tecnológica va a estar mucho más ligada a la investigación básica y a la verdadera disrupción de materiales, tecnologías y procesos, donde España presenta un grave problema de falta de inversión y de escasa transferencia tecnológica.

En ese sentido, es clave y urgente para España realizar 3 grandes reformas que nos permitan avanzar en esa creación del polo de atracción de talento:

1. Mejorar la legislación stock options y la autocartera.
2. Impulsar la inversión en i+d+i y la transferencia tecnológica.
3. Llevar a cabo un plan de atracción fiscal talento tecnológico.

Ramón Rodrigáñez

Ramón Rodrigáñez Riesco es ingeniero industrial del ICAI con doble grado en Ecole Centrale París. Además, estudió un máster en Management Science and Engineering en Columbia gracias a una beca Fulbright y es licenciado en Economía Aplicada por la Universidad de Dauphine.

Ramón inició su carrera en Consultoría Estratégica en Boston Consulting Group (BCG), donde realizó proyectos digitales y de analítica avanzada con clientes en diferentes sectores, incluyendo Banca, Seguros, Farmacéuticas o Telecomunicaciones.

En 2019, Ramón dio el salto al mundo de los Recursos Humanos y la Tecnología como cofundador y COO de Nova Talent, una startup que está cambiando el mundo de la contratación y la marca empleadora y donde Ramón lidera un equipo de más de 40 personas distribuidas en 3 países. El objetivo de Nova es convertirse en el agente de los profesionales de mayor talento del mundo empresarial y acompañarlos a lo largo de su carrera profesional, tanto si buscan empleo como si no, con oportunidades de networking, desarrollo y aceleración de carrera, que les permitan alcanzar su máximo potencial.

Ramón es, además, profesor en ICAI de Investigación Operativa y Emprendimiento.

Mesa 5

Julio Eisman / Moderador

Julio Eisman Valdés es Ingeniero Industrial por la Universidad Comillas-ICAI (1973) y egresado del Programa de Dirección General del IESE.

Ha trabajado para Iberdrola durante 31 años (1973-2004). La mayoría de ellos como ingeniero de protección y control, y los últimos como director general de Iberdrola Ingeniería y Consultoría, y es miembro del Comité de Dirección de Iberdrola.

Durante 2004-2008, fue miembro de la Junta Directiva de la Fundación Energía sin Fronteras.

En 2008, se incorpora a ACCIONA y pone en marcha la Fundación ACCIONA Microenergía (ahora accionna.org) focalizada en proveer acceso a la electricidad a comunidades remotas y aisladas mediante un modelo de provisión de servicio sostenible y asequible llamado "Luz en Casa". Este modelo viene implementándose desde 2010 en las regiones andina y amazónica de Perú, en 250 comunidades dispersas del Estado de Oaxaca (México), y en las regiones indígenas de Panamá. En total, actualmente hay más de 60.00 usuarios del modelo Luz en Casa. Tras varios años de desarrollo de la implantación del modelo Luz en Casa en campos de refugiados del norte de Etiopía, se interrumpió este proyecto por causa del conflicto armado existente en la región.

Desde finales del 2020, es patrono de la Fundación Ingenieros del ICAI para el Desarrollo apoyando iniciativas de acceso a la energía y lucha contra la pobreza energética.

Mesa 5 / Ponencia 1

INGENIERÍA CON PROPÓSITO, PERO... ¿QUÉ PROPÓSITO?

Rocío Zamorano Onieva. *Manager de sostenibilidad y buen gobierno. KPMG.*

María Luisa Izquierdo. *Project Manager. Siemens Gamesa Renewable Energy.*

Carlos Sallé Alonso. *Director de políticas energéticas y cambio climático. Iberdrola.*

Marta Reina Álvarez de Sotomayor. *secretaria general. Asociación/Colegio Nacional de Ingenieros del ICAI.*

Pedro Moreno Alonso. *Miembro de la Junta Directiva del Aula de Solidaridad, vicepresidente de la Asociación de alumnos mayores de la universidad Complutense (ADAMUC) y miembro del Consejo Sectorial de Mayores del Ayuntamiento de Madrid.*

Julio Eisman Valdés. *Patrono. Fundación Ingenieros ICAI.*

José Ignacio Pérez Arriaga. *Profesor visitante en MIT y profesor en Florence School of Regulation y en Escuela Técnica Superior de Ingeniería. Comillas ICAI.*

Ana Moreno Barrado. *Profesora. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales UPM.*

1. Introducción

Esta ponencia es el resultado de un proceso que los autores iniciaron hace diez meses constituyéndose como Grupo de Reflexión de Ingeniería con Propósito. Durante ese tiempo se ha recopilado información y compartido reflexiones a través de reuniones y se han contrastado con expertos durante la celebración de la mesa redonda "Contexto para una ingeniería con propósito", celebrada el 23 de septiembre 2021. Por tanto, la ponencia es la culminación de un proceso de reflexión que se pone a disposición del colectivo de ingenieros del ICAI y de la sociedad en general, en un intento de vislumbrar cual es el propósito de la ingeniería en las condiciones actuales. Tampoco queremos que sea un punto final si no, más bien, un punto de partida que se vea enriquecido con las aportaciones de nuestros compañeros durante la celebración del VIII Congreso de Ingenieros del ICAI.

Se plantea la necesidad de clarificar el propósito de la ingeniería porque nos encontramos en una situación de emergencia ambiental y social, a la cual la ingeniería no debe ser ajena. La sociedad, sensible a esta situación, demanda soluciones. Y gobernantes, reguladores y empresas se prestan a atender esa demanda de forma desigual, no siempre acertada y en algunos casos claramente engañosa. En un ambiente donde la concisión de lo que se expresa deja margen a interpretaciones muy diferentes, es necesario el esfuerzo de perfilar los contenidos y sobreentendidos asociados a los mensajes. Cuando ha-

blamos de "ingeniería con propósito" nos queremos referir a un tipo específico de propósito, conscientes de que no todo vale. Esta ponencia es un intento de especificar qué entendemos por "ingeniería con propósito". Y hemos remarcado los aspectos sociales sin menospreciar, ni mucho menos, los aspectos ambientales o de gobernanza, pero considerando que los aspectos sociales de la actividad ingenieril están menos desarrollados, y corren el riesgo de ser relegados, pese a la tendencia creciente e imparable de desigualdad social que se ha visto incrementada significativamente durante la pandemia.

> *...nos encontramos en una situación de emergencia ambiental y social, a la cual la ingeniería no debe ser ajena.*

Esta ponencia, también quiere hacer una llamada a los estudiantes y jóvenes profesionales de la ingeniería para transmitirles que la ingeniería es un componente crucial en la resolución de los problemas ambientales y sociales, y, en definitiva, una palanca de cambio al servicio de un mundo más justo.

En este documento nos referiremos a las empresas, pero se debe entender como aplicable a otras instituciones (ONG, Administraciones, Universidades...) en donde los ingenieros llevan a cabo sus actuaciones.

2. Nuevo contexto en el desarrollo de las actividades de ingeniería

Año y medio después de declararse la pandemia tenemos, hasta ahora, un balance doloroso de 4,5 millones de muertos y 220 millones de afectados. Durante este tiempo hemos visto cómo han colapsado los sistemas sanitarios más robustos y que los países en desarrollo aún no disponen de acceso universal a vacunas, lo que condiciona la salida de esta crisis. Y esta crisis de salud pública global ha derivado en crisis económica y social con un aumento desproporcionado de las desigualdades y la pobreza.

El impacto en la economía ha sido tremendo con una caída del 4,3% en el 2020 y pérdidas acumuladas hasta 2021 de unos 9.000 trillones americanos de dólares. Y todo ello con el consiguiente aumento de tasas de desempleo, encarecimiento de productos básicos, y su repercusión sobre los colectivos más desfavorecidos. La pandemia habrá causado que más de 95 millones de personas engrosen las filas de la pobreza extrema en este año 2021.

"La amenaza a la salud, las consecuencias económicas y sociales y el aumento de las brechas de género se han reproducido con efectos graves en todos los países del mundo. Al mismo tiempo, y por primera vez desde que hay registros, la desigualdad se incrementa globalmente, pero con mayor impacto negativo en los países más pobres y de renta media" (Pajín, 2021).

La idea de seguridad, certidumbre y confianza en el futuro han saltado por los aires y han dado paso a un mundo de incertidumbre, vulnerabilidad y desigualdad.

2.1 LA EMPRESA EN UN ENTORNO DISRUPTIVO.

Como se ha indicado estamos en un momento disruptivo en muchos sentidos: social, tecnológico, medioambiental, organizacional... En el mismo, las instituciones de todo tipo (Empresas, Administraciones Públicas, Tercer sector, Universidades, etc.) se ven obligadas a cambiar para sobrevivir, para ser sostenibles. Ello requiere que las organizaciones cambien un rol que históricamente tenían asignado, y que se medía en buenos resultados, sin aportaciones desde otras esferas (como la social, la medioambiental, o la gobernanza).

Una organización que no se adelante a una disrupción puede quedarse en el camino. Adelantarse a un proceso disruptivo puede representar el éxito. Y la sostenibilidad –cuya hoja de ruta es la Agenda 2030– es la disrupción a la que se enfrentan las empresas hoy en día.

Aunque los ingenieros del ICAI, cada vez más, desarrollan su actividad profesional en todo tipo de organizaciones, en lo que sigue se pone el foco en la empresa por ser el tipo de organización donde la mayoría de los ingenieros trabajan, y por la importancia reconocida de las empresas para contribuir a la transformación de la sociedad.

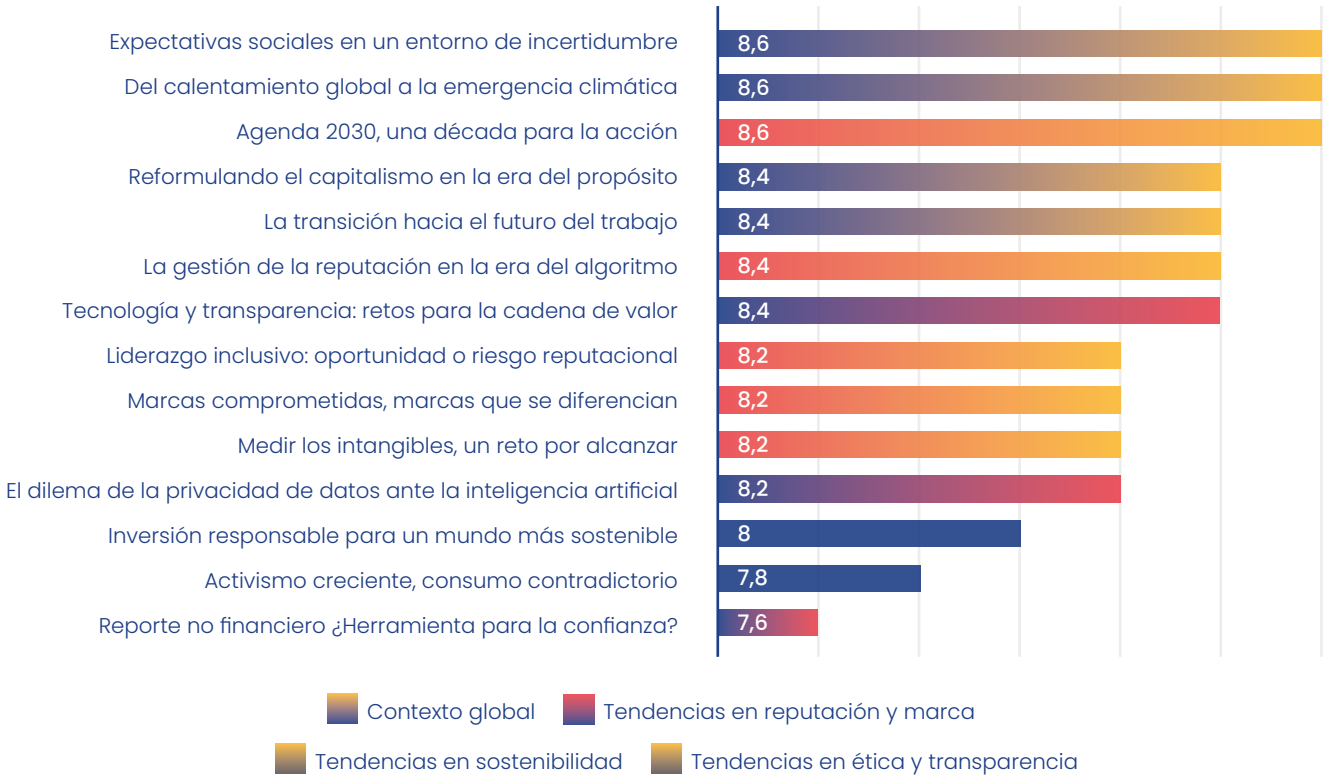
La empresa es un elemento básico en nuestro sistema económico. Pero existe una creciente visión negativa del modelo económico imperante; así un 56 % de la población considera que el capitalismo tal y como existe hoy en día «hace más daño que bien en el mundo». Además, el 61 % de la población mundial cree que vamos en la dirección «incorrecta» (Edelman, 2020). Se plantea una transformación hacia un capitalismo más humano (Yunus, 2010), un capitalismo de grupos de interés. Y en esa transformación, la empresa desempeña un rol crítico.

Entre las diferentes instituciones, la empresa se percibe a nivel mundial, como la más competente para conseguir que las cosas se hagan (Edelman, 2020) y la más fiable (índice de confianza 61) sobre ONGs (57), Gobiernos (53) y Medios (51) (Edelman, 2021). Con lo que se ponen de manifiesto las múltiples manifestaciones reconociendo que sin las empresas no es posible resolver problemas críticos para alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030.Como decía Michael Porter (Porter, 2013) las empresas son capaces de generar de manera exponencial los recursos económicos sostenibles necesarios para escalar soluciones sostenibles que afecten a miles de millones de personas. La filantropía es buena, pero con ella se solucionan problemas – como mucho - para algunos millones de personas.

Pero la empresa en sí misma está en un proceso de transformación tratando de cambiar paradigmas muy arraigados desde que en septiembre de 1970 Milton Friedman dijera "El único propósito social de las empresas es aumentar sus beneficios" (Friedman, 1970). Esto ha ido generando otros paradigmas, que también es preciso romper, como que las "empresas no tienen alma" o que "la sostenibilidad no es rentable". Estos paradigmas están siendo contestados desde diferentes ángulos y entornos.

Desde el **mundo académico**, ya en 2006 Porter y Kramer introducen el principio de valor compartido entre todos los grupos de interés de la empresa (Porter-Kramer, 2006) que desarrollan en el 2011 (Porter-Kramer, 2011) . En 2010 la British Academy se propone reconceptualizar las corporaciones en torno al propósito, "concluyendo que el propósito de los negocios es resolver de forma rentable los problemas de las personas y del planeta, y no generar beneficios causando problemas" (*British Academy*, 2010).

Gráfico 1. Relevancia de tendencias para los directivos.



Fuente: : Corporate Excellence-Canvas

Desde el propio **mundo empresarial** se ha dado un movimiento llamado activismo empresarial donde se ha revisado el propósito de las empresas (Business roundtable, 2019) (WEF, 2020) (APD, 2020) estableciendo que "El propósito de las empresas es colaborar con todos sus grupos de interés en la creación de valor compartido y sostenido".

Desde el mundo empresarial se han hecho llamamientos a los gobiernos e instituciones multilaterales para exigirles un mayor compromiso ambiental (*Business coalition*, 2021).

Los mismos directivos son conscientes de la relevancia de las tendencias de los temas sociales y ambientales en sus empresas como muestra el gráfico 1 (*Corporate Excelence*, 2020).

También los **inversores y accionistas** están ejerciendo presión sobre las empresas para que sean más sostenibles. Como se puede ver más adelante, tanto los grandes accionistas (Blackrock, Norges, Rockefeller, Gates, Fondos de pensiones de funcionarios, Fondos de comunidades religiosas…) como pequeños accionistas siguiendo las indicaciones de asesores de voto (proxy advisors en inglés), provocan desinversiones e intervienen en Consejos de Administración y Juntas Generales condicionando y bloqueando decisiones que se consideran no sostenibles (C.Triana, 2021). La percepción de los riesgos ambientales y sociales (WEF, 2021) para los inversores es cada vez mayor, y se reclama una mayor transparencia sobre la gestión que hacen las empresas.

El **mundo de la Justicia** cada vez está más concienciado de que debe aplicar sus decisiones en el contexto de Hojas de Ruta de la Agenda 2030 y de los Acuerdos de París. Existen ejemplos de jueces que han impedido inversiones en minas de carbón, o que han obligado a empresas petroleras a presentar planes estratégicos más alineados con el Acuerdo de Paris (Uría&Menéndez, 2021). En los últimos años la "litigación ambiental" ha aumentado y en el 2020 existían unos 1.500 litigios ambientales en los Tribunales, y se espera que esta cifra siga aumentando. Las empresas empiezan a temer avalanchas de denuncias y sentencias condenatorias por diferentes aspectos relacionados con su falta de sostenibilidad.

También las **grandes aseguradoras**, por ejemplo, rechazan asegurar actividades que consideran que tienen riesgos de sufrir, no sólo daños físicos por el cambio climático sino daños reputacionales, o que les afecten nuevas normas más estrictas que dejen los activos insostenibles "varados" (stranded en términos anglosajones).

Activismo de los clientes y usuarios. Una sociedad civil cada vez más concienciada y activista presiona a las empresas insostenibles y les reclama mayor conciencia social, transiciones justas, mayor ambición climática, etc., convirtiéndose en un elemento de presión a Administraciones y Corporaciones.

> *Una sociedad civil cada vez más concienciada y activista presiona a las empresas insostenibles y les reclama mayor conciencia social, transiciones justas, mayor ambición climática, etc.…*

De acuerdo con el informe de 2020 del barómetro de confianza Edelman, el 87% de la población opina que los clientes, empleados y comunidades son más importantes que los accionistas para el éxito a largo plazo, haciendo imperativo que las empresas escuchen a todos los grupos de interés (Edelman 2020).

En este contexto, el propósito de las empresas - para qué y porqué existo, y qué aporto al mundo - cobra relevancia y es más necesario que nunca, al permitir alinear las necesidades sociales con las económicas, y otorgar sentido a la organización en su conjunto.

Como resultado, las empresas se ven cada día más presionadas a asumir los criterios ambientales, sociales y de gobernanza (ASG) en sus actividades, informar de forma transparente y fiable sobre las mismas y medir su impacto. A las empresas que cumplen estos criterios en la forma de desarrollar sus actividades las llamamos **empresas sostenibles.**

Todas las empresas deben transformarse en empresas sostenibles. Al menos se pueden visibilizar cuatro motivos para ello:

a) por supervivencia, ya que, salvo contadas excepciones como la industria armamentística, a las empresas no les gustan los entornos de incertidumbre y de brecha social y desigualdades. En ellos afloran el populismo y la demagogia, elementos letales para la estabilidad empresarial;

b) por responsabilidad, y por la necesidad de que la empresa asuma su parte en solucionar los problemas de las sociedades en las que opera. Es aquí donde se empieza a romper el paradigma de Friedman, cuando la empresa que quiere ser sostenible sustituye su propósito de maximizar el beneficio mercantil a sus accionistas, por el más amplio de maximizar el Dividendo Social (que incluye aportaciones económicas, sociales, de empleo, medioambientales, etc.) a un colectivo más extenso de grupos de interés (que incluye no solo a sus accionistas, sino a sus trabajadores, proveedores y a las sociedades en las que desempeña su actividad);

c) por viabilidad para solucionar los problemas de la Humanidad. Los problemas son enormes y solo se pueden solucionar con la aportación de todos: administraciones, sociedad civil, empresas. Las empresas solas no pueden solucionarlos y sin las empresas tampoco hay solución.

d) por rentabilidad. Como se verá más adelante, las empresas que se rigen por criterios ASG están obteniendo mejores resultados económicos.

2.2 EMPRESAS CON UN FIN SOCIAL O AMBIENTAL

Pero hay empresas que, además de desarrollar correctamente sus actividades, tienen como fin último y prioritario, por encima de los demás, la resolución de problemas específicos de índole ambiental o social. Dichas empresas no tienen una denominación única y generalizada y se las denomina de diferentes formas: empresas de impacto, empresas con propósito, sociedades de beneficio común, sociedades de beneficio e interés común (BIC), empresas de triple impacto, cuarto sector, empresa con misión. Su propósito es aportar soluciones a problemas sociales o ambientales.

No todas las empresas tienen por qué ser empresas con un fin social o ambiental. Porque además de los grandes problemas sociales y ambientales, la sociedad tiene otras necesidades que requieren productos y servicios que deben ser producidos por empresas sostenibles, empresas que no dañen el medioambiente ni compliquen la vida a las personas.

En los últimos años y a medida que han ido acuciando los temas ambientales y sociales, las empresas con fin social o ambiental han ido tomando mayor relevancia.

> *En los últimos años […] las empresas con fin social o ambiental han ido tomando mayor relevancia.*

"La empresa con propósito no es una empresa al uso, ni una empresa social, ni una Fundación, ni una cooperativa. Usa bienes privados para resolver problemas de índole pública" (Gabeiras, 2021). Se trata de un nuevo modelo empresarial inclusivo y sostenible que se define como "empresas con ánimo de lucro que buscan proactivamente generar un impacto positivo en la sociedad".

La idea es utilizar la fuerza de los negocios para generar impacto positivo, utiliza recursos privados para resolver un problema público.

Las principales características identificadas, que permitirían reconocer a una empresa con propósito frente a otro modelo empresarial u otro tipo de organizaciones de tipo social son, según el "Libro Verde de las Empresas con Propósito" (Molina, 2021):

1) Organización privada con ánimo de lucro.

2) Da respuesta a cuestiones de interés público con recursos privados.

3) Integra objetivos de triple balance/triple impacto: económico, social y ambiental.

4) Adquiere un compromiso legal a través de la incorporación a sus estatutos de estos objetivos de impacto social y/o ambiental.

5) Incorpora controles para garantizar el equilibrio entre el beneficio económico y los objetivos sociales y/o ambientales.

6) Cuenta con criterios de medición del impacto de su actividad en el entorno y en relación con todos sus grupos de interés.

7) Alinea la estrategia a largo plazo con la continuidad del negocio.

8) Cumple elevados estándares de transparencia y rendición de cuentas (información periódica acerca de los objetivos alineados con la Agenda 2030 y del cumplimiento de dichos objetivos).

En algunos países hispanoamericanos (Colombia, Perú, Ecuador y Argentina) donde se ha desarrollado un marco regulatorio específico, la denominación más común es de "Sociedad de Beneficio e Interés Común".

En España, también existe un agrupamiento de empresas con intereses similares (movimiento Bcorp; Plan A) y unas apelaciones a la necesidad de establecer marcos en los que las empresas con propósito sean, no solo reconocidas, sino que se adecúen los sistemas legales a esta búsqueda "híbrida" de intereses privados con aportaciones a objetivos que, habitualmente, caían en la esfera de lo público. Se busca el desarrollo de un ecosistema jurídico que permita el reconocimiento y expansión del modelo empresarial del propósito.

3. Ámbito regulatorio europeo

La UE se ha propuesto liderar el camino hacia una economía sostenible. Para ello ha intensificado el desarrollo normativo en torno a la sostenibilidad de forma que permita identificar las actividades económicas sostenibles, y promover la transparencia, reporte y divulgación de la información de dichas actividades económicas para generar confianza y atraer recursos que permitan financiar la transición hacia una economía baja en carbono y socialmente más justa.

A continuación, se enumeran las principales iniciativas regulatorias:

- Propuesta de Directiva de Reporte de la Sostenibilidad Corporativa (CSRD)[1], que reforma la Directiva de Reporte No Financiero (NFRD-2014/95/EU). Aplica a las grandes compañías y a las del mercado regulado, exige la auditoría externa sobre la información reportada, incorpora requisitos de reporte más detallados y según los estándares europeos (a desarrollar), y exige reportes digitalizados y etiquetados.

- Reglamento de Divulgación de Sostenibilidad Financiera (UE) 2019/2088 (SFDR)[2] sobre la divulgación de información relativa a la sostenibilidad en el sector de los servicios financieros. Entró en vigor en marzo 2021 en un primer nivel, estando pendiente de desarrollar los criterios técnicos (RTS) previstos para Julio 2022. En este Reglamento se distingue entre la transparencia exigible sobre la integración de los riesgos de sostenibilidad y de incidencias adversas (Art.6 y 7), la exigible a productos financieros que promueven las características ambientales o sociales (Art.8) y la transparencia exigible en las inversiones sostenibles (Art.9).

- Reglamento de Taxonomía (UE)2020/852[3] que establece un marco para facilitar las inversiones sostenibles. Se definen las actividades económicas sostenibles como aquellas que contribuyen significativamente al menos a uno de los seis objetivos climáticos identificados en el reglamento y que no hagan daño significativo al medioambiente en ninguno de los objetivos restantes.

- Acto delegado de taxonomía climática[4]: Esta norma, que entra en vigor el 1 de enero de 2022 y desarrolla la regulación (EU) 2020/852, establece los criterios técnicos de calificación de actividades económicas que contribuyen significativamente a la mitigación y adaptación al cambio climático y determina si esas actividades económicas no causan daño significativo a cualquier otro objetivo ambiental.

- Iniciativa sobre gobernanza empresarial sostenible[5]. Esta iniciativa, que está prevista que sea

[1] https://ec.europa.eu/info/publications/210421-sustainable-finance-communication_en#csrd

[2] https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019R2088&from=ES

[3] https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32020R0852

[4] https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=PI_COM:C(2021)2800

[5] https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/12548-Sustainable-corporate-governance_es

adoptada por la CE en el 4º trimestre de 2021, pretende asegurar que la sostenibilidad está embebida en el marco del gobierno corporativo con vistas a alinear mejor los intereses a largo plazo de los gestores, accionistas, grupos de interés y sociedad.

- Resolución del Parlamento Europeo de 10 de marzo 2021, en la que se aprobó el informe legislativo de la Comisión de Asuntos Jurídicos (JURI) sobre Debida diligencia empresarial y responsabilidad corporativa, de febrero, que da un mandato a la Comisión para desarrollar una legislación de debida diligencia obligatoria que obliga a las empresas a detectar, prevenir y reducir los efectos adversos en los derechos humanos, el medio ambiente o la buena gobernanza en sus cadenas de valor, y abordar adecuadamente tales efectos adversos cuando se produzcan.
- Plan de acción del pilar europeo de derechos sociales de enero de 2021, en virtud del cual, para 2030, por lo menos el 78% de la población de 20 a 64 años debería tener un empleo; al menos el 60% de todos los adultos deberían participar en la formación todos los años; y debería haber una reducción de al menos 15 millones en el número de personas en riesgo de pobreza o exclusión social.

En este contexto, la institución que asesora a la Comisión Europea, la Plataforma de Finanzas Sostenibles ha lanzado a consulta pública sendos documentos sobre la taxonomía social y la extensión de la taxonomía para soportar la transición energética, con lo que se da un paso más en el desarrollo regulatorio alrededor de la sostenibilidad.

Ambas taxonomías[6], se consideran un pilar clave para continuar desarrollando los criterios ASG dentro de la Unión Europea y vienen a solucionar los problemas planteados por la taxonomía de actividades sostenibles que dejaban fuera conceptos tan importantes para el desarrollo de la sostenibilidad como lo social, o la clasificación de actividades «dañinas», siempre con el objetivo de fomentar la transición energética.

Los trabajos de asesoramiento de la Plataforma se incorporarán al informe de la Comisión sobre la posible extensión del marco de taxonomía que se adoptará a finales de 2021, según lo establecido en el artículo 26 (2a y 2b) del Reglamento de Taxonomía, apunta la Plataforma de Finanzas Sostenibles.

Se empieza a abordar, así, el segundo pilar del ASG, el social, que abarca cuestiones tan amplias como la brecha salarial y de género en las empresas, el trato a los trabajadores o el grado de sindicalización de los empleados, y se extiende también a las cadenas de suministro y el acceso a servicios básicos.

La Taxonomía Social clasifica las actividades que tienen una contribución sustancial a los objetivos sociales. Surge de la necesidad de transparencia para invertir en sostenibilidad social, en una transición justa. A diferencia de la taxonomía ambiental que se basa en criterios técnicos, la taxonomía social toma como referencia las normas y principios internacionales universalmente aceptados. Y tiene dos dimensiones: la horizontal, que promueve los impactos positivos y evita los impactos negativos sobre los grupos de interés, y la vertical que promueve las condiciones de vida mediante el acceso a productos y servicios básicos y estructuras económicas básicas. En el borrador de la taxonomía social de julio 2021 (Platform, 2021) también se recomiendan dos objetivos como parte de las taxonomías ambiental y social: una buena gobernanza corporativa sostenible y una planificación fiscal transparente y no agresiva.

En su conjunto, el desarrollo regulatorio trata de evitar prácticas, como el lavado de imagen, que perjudican la credibilidad del sistema de sostenibilidad en el que la UE apuesta en una posición de liderazgo. Ante la creciente presión y exigencia de la sociedad civil y el sistema financiero, las organizaciones se pueden sentir tentadas a aparentar un posicionamiento ambiental o social que no se corresponde con la realidad. Para tratar de evitarlo es necesario que los reportes de sostenibilidad sean sometidos a auditoría externa que avale los datos y las aseveraciones que se vierten.

Durante la celebración de la mesa redonda sobre "Contexto para una ingeniería de propósito"[7] celebrada el 23 de septiembre de 2021, se manejó la

[6] https://ec.europa.eu/info/publications/210712-sustainable-finance-platform-draft-reports_en

[7] Grabación disponible en https://fundacioningenierosicai.org/2021/09/29/video-contexto-para-una-ingenieria-con-proposito/

posibilidad de que los productos y servicios llevaran un etiquetado de semáforos para informar de forma sencilla a los clientes sobre su sostenibilidad. Aunque sería una medida difícil de poner en práctica, facilitaría información muy útil al cliente preocupado por la sostenibilidad.

4. Financiación e inversión

4.1 INVERSIONES SOSTENIBLES.

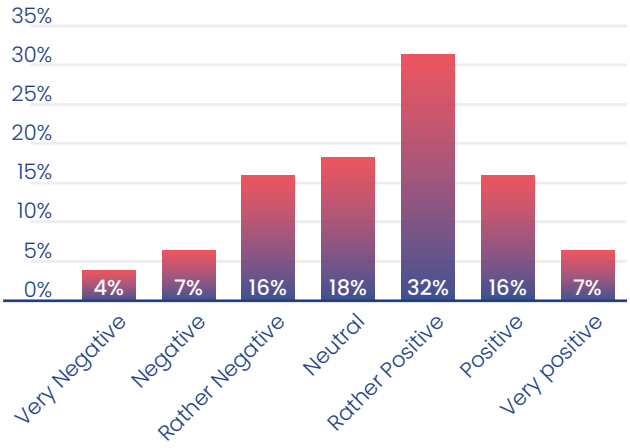
Como ya se indicó anteriormente existe un cambio de paradigma de las empresas desde la generación de retorno económico hacia la colaboración con los grupos de interés en la creación de valor compartido y sostenido.

Ya antes de la pandemia tanto empresas como inversores estaban empezando a integrar criterios ASG (ambientales, sociales y de buen gobierno), ESG por sus siglas en inglés, en sus procesos de toma de decisiones. En 2017 Mackinsey realizó un estudio que refleja que alrededor de un cuarto de los activos bajo gestión a nivel mundial estaban invirtiendo bajo la premisa de que los factores ASG pueden afectar materialmente al desempeño de una compañía y a su valor de mercado (Bernow,2017).

La crisis del Covid-19 ha impulsado la apuesta de las empresas y los inversores por la sostenibilidad. La pandemia previsiblemente actuará como un catalizador de largo plazo para una inversión mucho más equilibrada en cuanto a componentes sostenibles (J.P. Morgan,2020). El medio ambiente es, por supuesto, un aspecto de la ecuación, pero la crisis también pone de relieve la importancia de los factores sociales y de gobernanza porque, hasta ahora, las empresas con una orientación más a largo plazo han demostrado ser más resilientes.

> *La crisis del Covid-19 ha impulsado la apuesta de las empresas y los inversores por la sostenibilidad.*

Gráfico 2. : Las expectativas de los inversores sobre el impacto de la pandemia en ASG tienen un sesgo positivo.



La necesidad de definir una estrategia de recuperación económica tras la crisis da una oportunidad única para promover la transición sostenible y lograr una economía basada en un crecimiento que salvaguarde el equilibrio natural del planeta.

Las políticas de reconstrucción post COVID han de girar en torno a la financiación de proyectos sostenibles. De hecho la estrategia europea de recuperación está poniendo la transición en un punto muy prominente, con el 30 % de los fondos de la UE destinados a fines sostenibles y a la lucha contra el cambio climático (EU Commission,2020), apoyando iniciativas específicas como movilidad verde, renovación de edificios y crecimiento de energía limpia con desarrollo de infraestructura necesaria. Es importante que se apoye el empleo en estas actividades verdes, para ayudar a la recuperación.

Los compromisos adquiridos a raiz de la Agenda 2030 para la consecución de los ODS requieren 2.500 millones de dólares extra de inversión al año (WEF,2019) y los compromisos adquiridos a raiz del acuerdo de París requieren que la financiación mundial para la adaptación climática se multiplique por diez, hasta alcanzar los 300.000 millones de dólares al año, para cumplir con las estimaciones de lo que se necesita para responder a los crecientes riesgos climáticos (UN Climate,Change,2021). La financiación sostenible es crucial para la consecución de estos objetivos y la recuperación en clave de sostenibilidad nos da la oportunidad de potenciarla y reorientar el capital para una reconstrucción económica basada en actividades sostenibles.

Como se ha indicado anteriormente, desde la UE se está desarrollando un marco regulatorio muy detallado de finanzas sostenibles que busca acompañar esta transición. Dicho marco refleja la necesidad de que haya una oferta de productos verdes/sostenibles que permitan a las empresas e individuos hacer la transición, pero siempre con una creciente transparencia para evitar el lavado de imagen (greenwashing/socialwashing). De ahí la importancia de las taxonomías verde y social que nos permitan definir qué actividades se pueden considerar verdes, las etiquetas que corroboran que un producto financiero es verde (bonos verdes), y las obligaciones de divulgación de información (disclosure) que demuestren cómo las entidades financieras financian la transición.

Es necesario que los gobiernos definan estrategias/sendas claras de transición para los sectores específicos, con métricas y plazos claros y promover al máximo la coordinación internacional ya que cuanta más claridad haya más fácil será canalizar la inversión y se podrá realizar una transición justa – apoyando a las comunidades y sectores que más afectados se van a ver por la transformación de la economía.

Sin embargo, la magnitud de la inversión requerida está por encima de la capacidad del sector público y es necesaria la colaboración público-privada al objeto de maximizar la inversión y la financiación de proyectos sostenibles.

Es mejor tomar decisiones ambiciosas durante los próximos años para evitar el impacto de la crisis climática. Si lo aplazamos, las medidas que se tomen serán menos eficientes y más difíciles y costosas de implementar.

4.2 FINANCIACIÓN SOSTENIBLE

La financiación sostenible engloba las tendencias y movimientos hacia la sostenibilidad del sistema financiero (banca, aseguradoras, mercados financieros, gestión de activos, mecanismos financieros, etc.), con el objeto de lograr formas de producción, consumo y ahorro que no comprometan la capacidad de crecimiento futuro y que al mismo tiempo sean compatibles con el buen gobierno y con ciertos valores sociales.

Las consideraciones relativas a la sostenibilidad que se tienen en cuenta en la toma de decisiones de inversión sostenible se clasifican tradicionalmente en tres categorías: ambientales, los factores sociales y la buena gobernanza (ASG en español y ESG por sus siglas en inglés) (Carrascosa, 2021).

Resumiéndolo en una frase, *las finanzas sostenibles son las que respaldan el crecimiento económico al tiempo que reducen las presiones sobre el medio ambiente y tienen en cuenta los aspectos sociales y de gobernanza*.

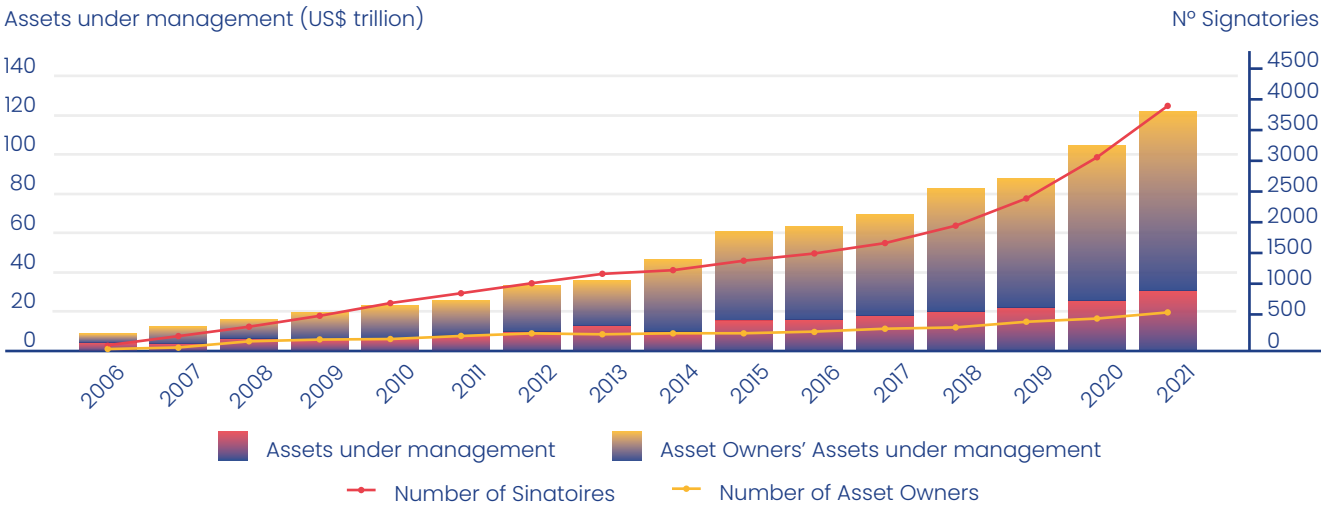
> *...las finanzas sostenibles son las que respaldan el crecimiento económico al tiempo que reducen las presiones sobre el medio ambiente y tienen en cuenta los aspectos sociales y de gobernanza.*

Las compañías que necesitan ampliar su capital, bien a través de deuda o de capital deben cumplir con las exigencias de los gestores del capital (banca, fondos, inversores...) para obtener financiación.

Los procesos de decisión de los gestores de capital incorporan cada vez más el análisis de variables no solo relacionadas con las cuentas de resultados si no también con criterios ASG tanto por la presión regulatoria como por el contexto actual y los intereses de sus grupos de interés. Además, están asumiendo voluntariamente principios de actuación que les obligan a llevar a cabo una gestión proactiva sobre el desempeño de las compañías participadas, a las que prestan o en las que invierten, atendiendo a criterios no solo económicos sino sociales, medioambientales y de buen gobierno (Fundación SERES,2021).

Muestra de ello es el crecimiento en los últimos años de los firmantes de los principios de inversión responsable (PIR,2006). El 82 por ciento de los propietarios de activos incorporaron factores ASG en sus procesos de selección, nombramiento y seguimiento en 2021.

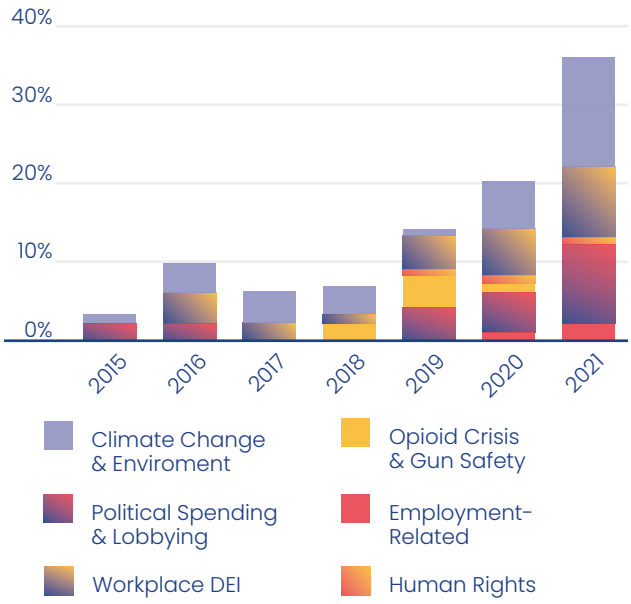
Gráfico 3. Crecimiento PIR 2016-2021[8]



Ya se comentó el activismo accionarial ASG, que aglutina estrategias de inversión que tratan de influir y modificar la conducta de las empresas en materia de sostenibilidad a través de un papel activista por parte de los inversores.

El apoyo de los accionistas a las propuestas ASG ha marcado otro máximo. Las juntas de las empresas estadounidenses han respaldado con más fuerza que nunca las iniciativas con este perfil. Con un 34% del voto a favor de media, ha batido el anterior récord de 2019 (Triana, 2021).

Gráfico 4. Cálculo del apoyo promedio en base a los votos reportados



La creciente inclusión de criterios ASG tanto en la financiación de proyectos por parte de los financiadores como en la selección de empresas participadas por parte de los inversores ha redefinido el mercado financiero. En este nuevo marco, los emisores, empresas en busca de financiación, acuden al mercado de capitales con nuevas condiciones y sujetos a una serie de requisitos transversales, que han definido nuevos instrumentos de deuda (financiación sostenible) y nuevas filosofías de inversión ASG (Fundación SERES-EY,2021).

En este nuevo marco, los emisores[...] acuden al mercado de capitales con nuevas condiciones y sujetos a una serie de requisitos transversales, [...] y nuevas filosofías de inversión ...

[6] U. N. P. f. R. Investments, «About PRI,» [En línea]. Available: https://www.unpri.org/pri/about-the-pri.

Estas inversiones de los tenedores de capital teniendo en cuenta criterios ASG pueden seguir diversas estrategias de exclusión o selección según el grado de proactividad en la gestión y de si el objetivo buscado es la mera mitigación de riesgos o la generación de impacto.

En función del objetivo perseguido por los inversores las inversiones pueden clasificarse como se recoge en el gráfico 5:

Gráfico 5. Intenciones y objetivos de las organizaciones que invierten en la economía de impacto (Triana, 2021)

<table>
<tr><th>Alcance</th><th>Objetivos financieros</th><th colspan="3">Objetivos de impacto</th><th>Intenciones</th></tr>
<tr><td>Tradicional</td><td>Aceptar riesgo/retorno financiero competitivo</td><td colspan="3">No se consideran
Puede producir efectos significativos relativos a resultados negativos importantes para la sociedad y el planeta</td><td>“Soy consciente del impacto negativo potencial pero no intento mitigarlo”</td></tr>
<tr><td>Responsable</td><td>Aceptar riesgo/retorno financiero competitivo</td><td rowspan="4">Actuar para evitar daños</td><td colspan="2">Actuar para evitar daños
Tratar de evitar efectos significativos relativos a resultados negativos de importancia para la sociedad y el planeta</td><td>“Tengo requisitos regulatorios que cumplir”
“Quiero seguir una pauta de responsabilidad”</td></tr>
<tr><td>Sostenible</td><td rowspan="2">Aceptar riesgo/retorno financiero competitivo</td><td rowspan="3">Beneficiar a los grupos de interés</td><td>Beneficiar a los grupos de interés
Conseguir resultados positivos importantes para diferentes grupos y el planeta</td><td>“Quiero que las empresas produzcan efectos positivos en el mundo y ayudar a sostener su rentabilidad financiera en el largo plazo”</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Dirigida a crear Impacto</td><td rowspan="2">Contribuir a las soluciones</td><td rowspan="2">Contribuir a los grupos de interés
Tener un efecto positivo significativo sobre resultado(s) importante(s) para colectivos desfavorecidos y el planeta</td><td rowspan="2">“Quiero resolver el problema del cambio climático”
“Quiero resolver el problema de la brecha en educación”</td></tr>
<tr><td>Aceptar riesgo/retorno financiero no competitivo</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Filantropía</td><td>Aceptar la preservación parcial del capital</td><td rowspan="2"></td><td rowspan="2"></td><td rowspan="2"></td></tr>
<tr><td>Aceptar la pérdida total del capital</td></tr>
</table>

Un buen desempeño en sostenibilidad de las empresas es crucial para poder acceder a financiación y continuar operando. La creciente presión regulatoria, así como la presión de las entidades financieras, los grandes inversores institucionales y de los consumidores finales hace que la sostenibilidad no sea una opción sino una necesidad para poder sobrevivir en el medio y largo plazo permitiendo a las empresas obtener financiación más barata y beneficiarse del constante y consistente crecimiento de las inversiones ASG a nivel global.

Gráfico 6. Flujos netos trimestrales estimados de inversión ASG Morningstar Direct.

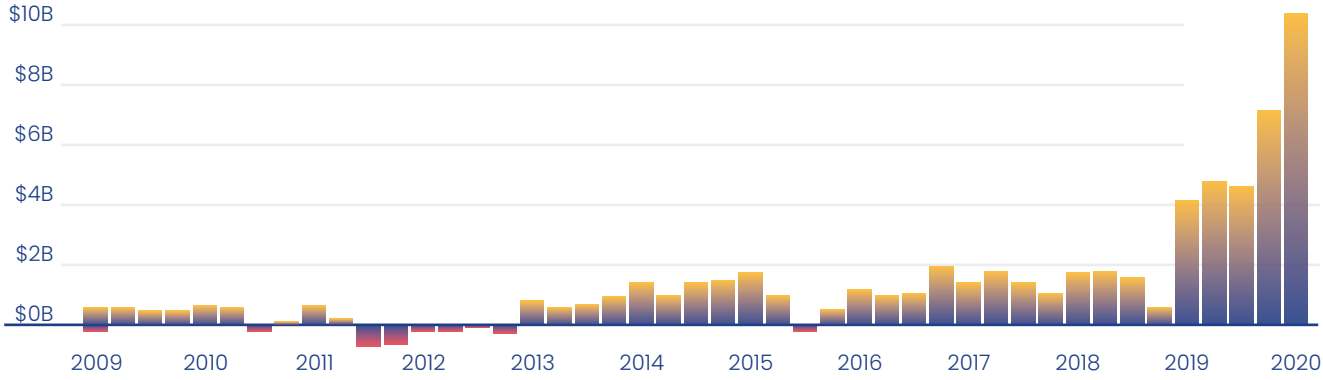
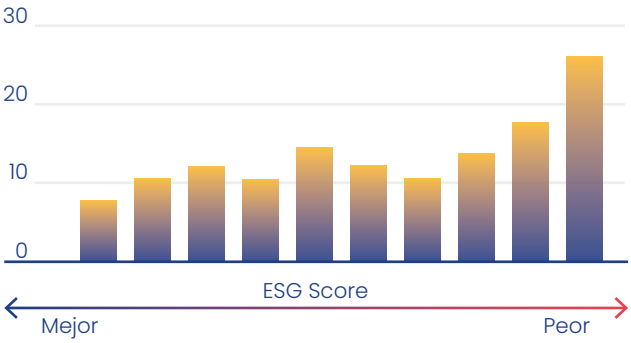
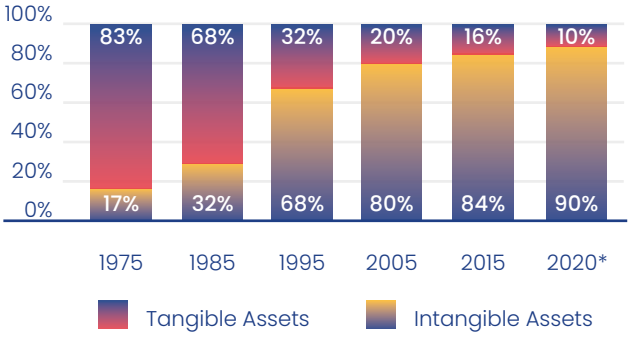


Gráfico 7. Coste medio de la deuda vs valoración ASG en las empresas del S&P500 (agosto 2019).



Fuente: MSCI ESG Research LLC, FactSet.

Gráfico 8. Componentes del valor de mercado del S&P 500



Es más, esta creciente relevancia de los factores ASG para las empresas se refleja también en el valor de las compañías donde cada vez tienen más peso los activos intangibles relacionados no solo con la propiedad intelectual, si no con la buena voluntad de las empresas y su desempeño en sostenibilidad[9].

Este tipo de inversiones que tienen en cuenta criterios ASG son más rentables para los inversores. El análisis de S&P mostró que los fondos que integran factores ambientales, sociales y de gobernanza superaron el promedio de S&P 500 de 27.1%, aumentando entre 27.3% y 55% en el año posterior a la declaración oficial de pandemia por parte de la Organización Mundial de la Salud[10]. Al mismo tiempo, Estados Unidos, la economía más grande del mundo, sufrió daños por valor de 95.000 millones de dólares solo por catástrofes relacionadas con el clima en 2020[11].

[9] A. Ali, «The Soaring Value of Intangible Assets in the S&P 500,» Visual Capitalist, 2020.

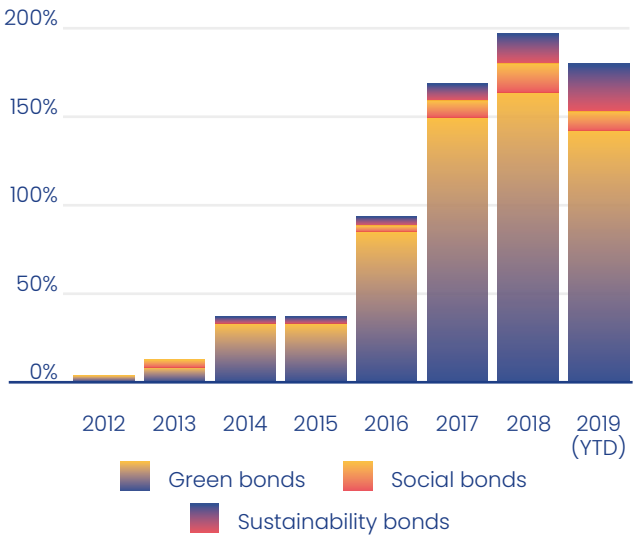
[10] R. C. Esther Whieldon, «ESG funds beat out S&P 500 in 1st year of COVID-19; how 1 fund shot to the top,» S&P Global Market Intelligence.

[11] A. B. Smith, «2020 U.S. billion-dollar weather and climate disasters in historical context,» Climate.gov.

4.3 EL CRECIENTE PESO DE LA "S" EN LOS CRITERIOS ASG

La emisión global de bonos vinculados a la sostenibilidad ha sido liderada por los bonos verdes siendo la inversión en temas relacionados con el cambio climático y los aspectos ambientales, la líder frente a la inversión social.

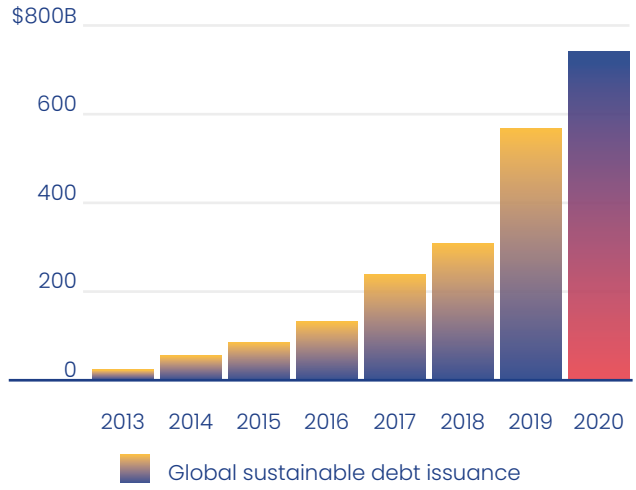
Gráfico 9. Desarrollos en los mercados mundiales de deuda sostenible



Fuente: IMF

La pandemia, aunque no ha ralentizado los objetivos medioambientales en el largo plazo, ha hecho que se cambie el foco en el corto y medio plazo y se fortalezca el interés por las inversiones con foco social poniendo el factor social como interés principal (Wu,2020). Esto se ha visto reflejado en un aumento considerable de la emisión de bonos sociales principalmente en temas relativos a desigualdad, Capital Humano y prácticas laborales y Salud y Seguridad.

Gráfico 10. Emisiones de bonos Sociales



Fuente: BloombergNEF

El mercado de bonos sociales ha superado ampliamente el crecimiento del mercado de bonos verdes:

Gráfico 11. Evolución de los mercados de bonos verdes, sociales y sostenibles

Green bond market score card 2020	
2020	Percent change from prior year
Size of market: USD 290bn	↑ 9%
Number of issuers: 634	↑ 14%
Number of instruments: 1696	↓ -9%
Average size of instrument: USD 171m	↑ 19%
Number of countries: 55	↑ 6%
Number of currencies: 34	= 0%

Sustainability bond market score card 2020	
2020	Percent change from prior year
Size of market: USD 159.8bn	↑ 131%
Number of issuers: 83	↑ 5%
Number of instruments: 253	↓ -26%
Average size of instrument: USD 630m	↑ 214%
Number of countries: 23	= 0%
Number of currencies: 25	↓ -14%

Social bond market score card 2020	
2020	Percent change from prior year
Size of market: USD 249bn	↑ 1017%
Number of issuers: 543	↑ 1107%
Number of instruments: 911	↑ 488%
Average size of instrument: USD 273m	↑ 90%
Number of countries: 29	↑ 89%
Number of currencies: 18	↑ 64%

Fuente: Climate Bonds Initiative, 2021

Este crecimiento se debe asimismo a la complejidad de invertir en bolsa con criterios sociales frente a hacerlo con criterios climáticos, donde es más fácil identificar qué sectores están más alineados con el acuerdo de París y son menos contaminantes. Por tanto, es en renta fija donde se está reflejando este mayor interés por la inversión social, como ha ejemplificado el lanzamiento de la UE de la primera colocación en el mercado de capitales de bonos

sociales correspondientes al Support to mitigate Unemployment Risks in an Emergency (SURE) por valor de 17.000 millones de euros que tuvo una demanda de 233.000 millones[12].

Si bien es cierto que la rentabilidad de estos bonos no es elevada el interés viene de los inversores de largo plazo y los mandatos institucionales para tesorería estructurada, ya que pueden reflejar en su memoria y cara a sus clientes esta inversión social.

Además, es una gran oportunidad para la posible renovación del liderazgo de Europa gracias a la apuesta por la sostenibilidad, lo que impulsaría la bolsa europea, rezagada por las tendencias del mercado hacia la tecnología, donde EE. UU. tiene el liderazgo. El 98% de las cotizadas en Europa divulgan la implantación de los criterios ASG y esa tendencia no se da en EE. UU., lo que pone a Europa en una situación privilegiada en un momento en el que la sostenibilidad es uno de los catalizadores principales del mercado. La regulación de la UE en materia de divulgación de información (disclosure) hace que la evaluación ASG de las empresas europeas sea superior por la mayor disponibilidad de información y la mayor transparencia. Si bien es cierto que la avalancha regulatoria, como el reciente Reglamento de Divulgación de Sostenibilidad Financiera (SFDR-Sustainable Finance Disclosure Regulation) que entró en vigor en marzo 2021 y que debe completarse con el desarrollo de los criterios técnicos, está llevando a las empresas a enfrentarse a dificultades para adoptarlo.

4.4 INVERSIÓN DE IMPACTO

La inversión de impacto es la estrategia de inversión sostenible más proactiva, siendo aquella que intencionalmente busca un impacto social o medioambiental medible, además de un retorno financiero. Este tipo de inversión incluye un amplio abanico de objetivos de retorno financiero, riesgo e instrumentos de financiación, así como inversiones en organizaciones con diversas formas jurídicas, pero siempre con tres características: centralidad del impacto social y medioambiental, medición de dicho impacto y expectativa de retorno financiero.

Si queremos reconstruir la economía mejor y más verde en los países de bajos ingresos, la reducción del riesgo financiero por tener en cuenta criterios ASG en las inversiones no es suficiente. Es necesaria una mayor proactividad en la gestión más allá de la mitigación de riesgos si el objetivo buscado es la generación de impacto (Cohen,2021).

Todas las organizaciones que están poniendo recursos para los Objetivos de Desarrollo Sostenible deben ir más allá de la mitigación de riesgos y hacia la gestión del impacto en el desarrollo. Esto implica incorporar el impacto en la estrategia de inversión, el sistema de gestión y el sistema de gobernanza, así como ser transparente sobre los procesos de toma de decisiones y los resultados de desarrollo alcanzados (Cohen,2021).

La inversión de impacto es el vehículo para logar los objetivos de desarrollo sostenible, ya que su intención es contribuir a la solución de un problema social o medioambiental y la medición de dicho impacto están en el centro de su estrategia.

Un reciente estudio de Global Impact Investing Network (GIIN), organización de referencia en el ámbito de la inversión de impacto a nivel global, cifra en 502.000 millones de dólares los activos gestionados bajo criterios de inversión de impacto en 2018, según una base de datos con más de 1.300 inversores.

La inversión social o de impacto tiene su origen en Reino Unido, cuando a partir del año 2000, surgen fondos de inversión con el doble objetivo de generar impacto social y retorno financiero, la mayoría con apoyo del sector público o de fundaciones filantrópicas. Al mismo tiempo, en Europa se desarrolla la práctica de venture philanthropy (la inversión en organizaciones sociales mediante apoyo financiero -donaciones, préstamos, y/o capital- y no financiero) y, en 2004, se establece la European Venture Philanthropy Association (EVPA) -pieza fundamental para el desarrollo del ecosistema de impacto en Europa- colaborando estrechamente con la Comisión Europea y generando conocimiento sobre prácticas clave como la medición de impacto. Pero fue en EE. UU. donde se acuñó el término 'inversión de impacto' para referirse a esta práctica [18].

[12] Centro de Documentación Europea, «La Comisión realiza la primera emisión de bonos sociales SURE de la UE por valor de 17.000 millones de euros,» 2020.

La creación en 2013 de la Social Impact Investment Task Force durante la presidencia británica del G-8, elevó el tema a la agenda internacional. Posteriormente, el grupo de trabajo del G-8 dio entrada al sector privado y a la sociedad civil, convirtiéndose en el GSG (Global Steering Group for Impact Investment). El GSG ha sido en los últimos años un propulsor importante de la inversión de impacto a nivel global [18].

5. ingeniería con propósito

5.1 LA INGENIERÍA Y LA AGENDA 2030.

En el año 2015, 193 países se pusieron de acuerdo para combatir los mayores problemas globales que aquejaban a la Humanidad. Y así definieron los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030.

Gráfico 12. Ingeniería para el Desarrollo Sostenible.

Fuente: UNESCO.

La UNESCO en un reciente informe (UNESCO, 2021), "destaca el papel crucial de la ingeniería en la consecución de cada uno de los 17 ODS". Sin el aporte de la ingeniería no es posible conseguir los ODS. En el informe se detalla la contribución de la ingeniería a cada uno de los ODS y se describen casos prácticos.

En Julio 2020, la Federación Mundial de Organizaciones de Ingeniería (WFEO por sus siglas en inglés) que agrupa a 30 millones de ingenieros en 100 países, reconoció que la ingeniería es crítica para conseguir los ODS y declaró su compromiso de asumir ese rol crítico, liderando y coordinando proyectos para conseguir los ODS a través de la ingeniería (WFEO,2020): "Los ingenieros y la ingeniería son críticos para conseguir los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Los ingenieros tienen un papel clave en el apoyo al crecimiento y desarrollo de infraestructuras esenciales como: carreteras, ferrocarriles, puentes, presas, gestión de residuos, suministro de agua y saneamiento, energía y redes digitales. Son responsables de desarrollar e implementar tecnologías y sistemas que contribuyan al logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible en lo que se refiere al agua, la energía, el medio ambiente, las ciudades sostenibles, la resiliencia a los desastres naturales y otras áreas, que beneficiarán a las personas y al planeta para una mayor prosperidad y mejor calidad de vida.

WFEO se compromete a desempeñar un papel clave en el liderazgo y la coordinación de proyectos para lograr los Objetivos de Desarrollo Sostenible a través de la ingeniería. WFEO puede reunir a sus miembros, instituciones educativas, gobierno e industria para abordar la necesidad de capacidad de ingeniería y la calidad de los ingenieros en todo el mundo y desarrollar marcos estratégicos y mejores prácticas para la implementación de soluciones de ingeniería para el desarrollo sostenible".

La Asociación de Ingenieros del ICAI es miembro de WFEO a través del Instituto de la Ingeniería de España (IIE). La Junta Directiva del IIE aprobó, a propuesta del Comité de Ingeniería y Desarrollo Sostenible, relacionar todas sus actividades con su contribución a los ODS.

Actualmente, la forma en que la ingeniería contribuye a preservar los bienes comunes y a abordar los retos globales es alineándose con los ODS.

Debido a la pandemia del coronavirus y a la posterior crisis global, la consecución de los ODS se ha visto afectada negativamente, y es necesario redoblar esfuerzos para mantener los compromisos (UN,2020).

5.2 EL INGENIERO EN SU ACTIVIDAD

> *El ingeniero [...] tiene que analizar la sostenibilidad [...] y plantearse el impacto social del proyecto y si es prioritario o no.*

El ingeniero además de realizar un buen trabajo técnico, seguro, minimizando tiempos y costes, tiene que analizar la sostenibilidad de materiales, consumibles, la forma de usarlos evitando usos indebidos, considerar su ciclo de vida, el manejo y plantearse el impacto social del proyecto y si es prioritario o no.

Surge un área bastante nueva: conectar con la sociedad y explicar las consecuencias de lo que se hace. En momentos en los que se plantean todo tipo de negacionismos -de las vacunas, de la propia pandemia, del cambio climático, etc.- es preciso reivindicar las posibilidades de la técnica y la ciencia para dar respuestas positivas a necesidades humanas, ODS y supervivencia de la Humanidad.

Además, hay que ser específico en lo que se puede hacer desde los propios lugares de trabajo, sean empresas privadas, administración, ONG, etc., cómo influir en la toma de decisiones sobre el rumbo a tomar, qué hacer y qué no hacer. Es responsabilidad individual y colectiva, no basta con hacer bien el propio trabajo, debe estar claro si ése es el trabajo que debe hacerse, si nos acerca a los objetivos, si no es un trabajo aislado. Somos parte de la sociedad y todavía existe confianza en las capacidades técnicas para mejorar la vida de todos si ese es el objetivo que queremos conseguir.

Otra área que cada vez despierta más interés es si las estructuras más comunes ahora en las empresas, instituciones educativas, administración y ONG son las adecuadas para acometer los ambiciosos objetivos que la ONU y la WFEO han definido, si el sistema jerárquico que tienen es compatible con ese mundo que nace.

El ingeniero debe ser consciente de que las empresas son muy importantes para solucionar los problemas de la Humanidad (tanto si está dentro para buscar fórmulas de alianzas con ellas o de una de ellas, como si es parte de una ONG o una Administración). Por ello debe ayudar al éxito de la Agenda 2030: a) desde dentro de la empresa, potenciando el cambio y b) Desde la búsqueda de alianzas con otras Instituciones

Los problemas que plantea la Agenda 2030, requieren que desde la ingeniería se hagan grandes aportaciones para provocar las soluciones exponenciales, urgentes, escalables y sostenibles que son necesarias. Y los ingenieros requieren dotarse de las pátinas sociales y medioambientales necesarias para añadir estas nuevas cualidades a las soluciones ingenieriles que proponga. Y no se queda ahí esta necesidad de nuevos conocimientos: tan importantes, o más para transitar en un mundo VUCA (Volátil, Incierto, Complejo y Ambiguo) como el que nos toca vivir, son las competencias personales transversales (empatía, sentido del humor, mente amplia, espíritu de equipo, etc.).

5.3 INGENIERÍA CON PROPÓSITO.

Podemos decir que toda actividad humana tiene un propósito, una finalidad. Y esto también es aplicable a las actividades de ingeniería, con lo que toda ingeniería sería una ingeniería con propósito ya sea éste explícito o no. Nos sentimos presos de las palabras, o, mejor dicho, de la concisión de los mensajes, porque el sentido sobreentendido que le queremos dar a "ingeniería con propósito" es un sentido específico en el que no todo propósito vale.

Reservamos el término de ingeniería con propósito a la ingeniería que tiene como objetivo fundamental y prioritario, como razón de ser, la resolución de problemas ambientales o sociales enmarcados en las metas de los 17 ODS de la Agenda 2030. Esta definición tal vez requiera seguir profundizando en sus características y condicionamientos, pero tiene sin duda unas implicaciones prácticas. Aunque los 17 ODS aplican a toda la humanidad, es claro que están orientados hacia acabar con las enormes desigualdades que existen en la provisión de bienes y servicios básicos para el desarrollo humano. Es, por tanto, prioritario desarrollar, adaptar y aplicar tecnologías que permitan el acceso de bienes y servicios básicos a los más desfavorecidos.

A veces no es fácil discriminar lo que es ingeniería con propósito. El investigador F. Laloux establece al-

gunas reflexiones para detectar lo que él llama falsos propósitos.

a) ¿Cuál sería la incidencia sobre las ventas si se suprimiera la publicidad?

b) ¿Y si los compradores tuvieran que ver un corto video de cómo se hacen cada producto o servicio antes de comprarlo?

c) ¿Y si los productos y servicios se vendieran a su coste total, incluyendo los costes del impacto que provocan?

Si hay duda en responder a alguna de estas tres preguntas, probablemente, el propósito de la ingeniería en la que se base dicho producto o servicio no sea un propósito válido, un propósito que contribuya al bien de las personas y el planeta.

Los ingenieros – mujeres y hombres – con propósito son los profesionales de la ingeniería que, además de trabajar de acuerdo con el Código de Ética y los Códigos de Prácticas de la profesión (WFEO, 2021), contribuyen desde la profesión al éxito de la Agenda 2030.

Y lo hacen:

- Manteniéndose actualizados sobre la situación de los retos sociales y ambientales, que tienen presentes en el día a día de su trabajo y en su toma de decisiones.
- Desarrollando y adaptando la tecnología con el fin de poder aplicarla para la resolución de los problemas en entornos vulnerables.
- Siendo motores de cambio interno para que su institución vea la apuesta por la sostenibilidad como una oportunidad.
- Influyendo en la toma de decisiones sobre el rumbo a tomar, qué hacer y qué no hacer. Es responsabilidad individual y colectiva, no basta con hacer bien el propio trabajo, debe estar claro si ése es el trabajo que debe hacerse, si nos acerca a los objetivos, si no es un trabajo aislado. Somos parte de la sociedad y todavía existe confianza en las capacidades técnicas para mejorar la vida de todos si ese es el objetivo que queremos conseguir.
- Promoviendo y potenciando las empresas enfocadas en resolver algún problema social o ambiental relacionado con su área de trabajo.
- Buscando alianzas con otras instituciones.

Conclusiones

1. Los grandes retos que tiene hoy la humanidad solo se pueden abordar con la aportación de todos los organismos: administraciones, sociedad civil y empresas. Las empresas solas -o algún otro agente sólo- no pueden solucionarlos, y sin las empresas -o sin alguno de los otros actores- tampoco hay solución.
2. La sociedad demanda que las empresas se impliquen en la resolución de los grandes retos a los que se ve enfrentada. Se les reconoce la competencia de lograr que las cosas se hagan de forma eficiente mediante la movilización de recursos de todo tipo, y a gran escala.
3. Si bien tradicionalmente el objetivo principal de una empresa ha sido únicamente generar retorno económico, hoy en día es imprescindible que las empresas se transformen en **empresas sostenibles**, es decir, que integren criterios ambientales, sociales y de buen gobierno -ASG por sus siglas- en sus actividades, que informen de forma transparente y fiable sobre las mismas y que midan sus impactos. En definitiva, que generen Dividendo Social -no solo rentabilidad económica- para todos los grupos de interés que la rodean (accionistas, clientes, administraciones, proveedores, sociedad en la que actúan) y no solo a los accionistas.
4. Todas las empresas deben ir evolucionando para transformarse en empresas sostenibles por supervivencia, por responsabilidad, por rentabilidad y por viabilidad para solucionar los problemas de la humanidad.
5. Pero hay empresas que aún siendo sostenibles o en el camino de serlo, tienen un fin último, una razón de ser, que es resolver algún problema social o ambiental recogido en las metas de los ODS de la Agenda 2030. En el texto de la ponencia se identifican las características de este tipo de empresas. Es necesario identificar, fomentar y dotar del marco jurídico apropiado a estas empresas, por su especial contribución ante la actual emergencia ambiental y social que vivimos.
6. Los graves problemas de la Humanidad que se presentan en la Agenda 2030, sólo pueden solucionarse con el apoyo de la tecnología. Por ello, la

ingeniería tiene un papel fundamental para conseguir los ODS de la Agenda 2030.

7. La **ingeniería con propósito** es aquella que se aplica para resolver alguno de los grandes problemas sociales o ambientales reflejados en los ODS de la agenda 2030, sin crear o ahondar en ningún otro problema. En un mundo cada vez más tecnificado, es importante que la tecnología forme parte de la solución y no de los problemas. Para ello, una ingeniería centrada en resolver los problemas de los más vulnerables es una ingeniería con propósito
8. Los **ingenieros con propósito** son los profesionales de la ingeniería que, además de trabajar de una manera ética, contribuyen desde la profesión al éxito de la Agenda 2030. Y lo hacen manteniéndose informados de los retos ambientales y sociales, desarrollando y adaptando tecnología para resolver los problemas sociales y ambientales, proponiendo cambios hacia la sostenibilidad en su organización, influyendo en la toma de decisiones, promoviendo y potenciando las empresas de impacto, y buscando alianzas con otras entidades.
9. Los **ingenieros con propósito** también viven el propósito desde el ámbito personal. Y sienten la necesidad de formar parte de ese cambio que dé respuesta a los desafíos sociales y ambientales que tenemos en el mundo, también desde su vida como ciudadanos, que viven con sentido y de manera coherente. La alineación del propósito personal con el de la entidad donde desarrollan su actividad profesional preconiza resultados espectaculares.
10. Hay un proverbio chino que dice "las personas que no tienen objetivos corren el riesgo de no conseguirlos". Es necesario hacer una reflexión desde la acción sobre el qué y el cómo debe reenfocarse la actividad de ingeniería para responder a los actuales desafíos sociales y ambientales. Estos desafíos científicos, técnicos y personales de desarrollo y de sentido de la propia utilidad constituyen una oportunidad estimulante en la tarea que se presenta a los **ingenieros con propósito** y que quieren formar parte del cambio.

Bibliografía

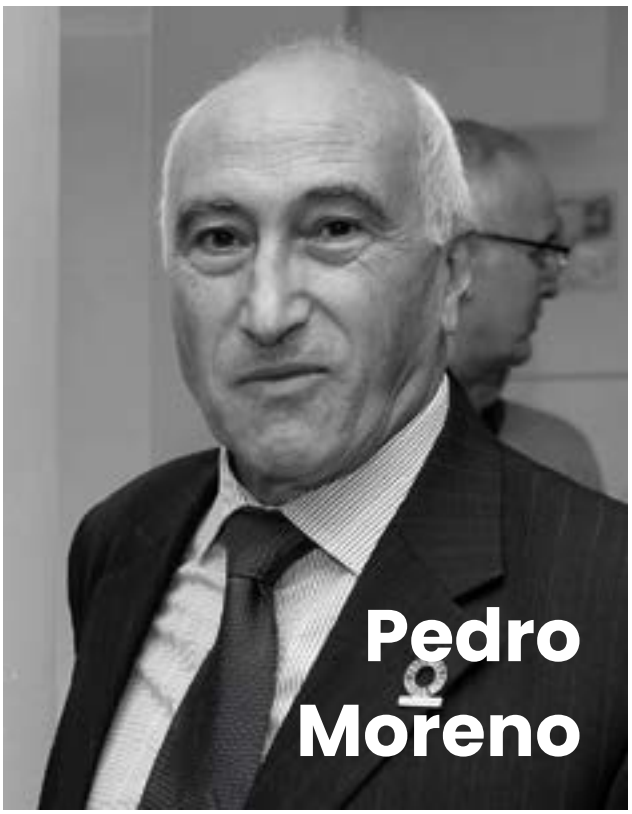
- (APD,2020) ASOCIACIÓN PARA EL PROGRESO DE LA DIRECCIÓN, "Declaración APD sobre las empresas con propósito", Nov 2020, Disponible: https://www.apd.es/declaracion-apd-empresa-con-proposito/
- (Bernow,2017) SARA BERNOW-B. KLEMPNER-C. MAGNIN, "From "why" to "why not": Sustainable investing as a new normal", McKinsey&Company, 2017. Disponible: https://www.mckinsey.com/industries/private-equity-and-principal-investors/our-insights/from-why-to-why-not-sustainable-investing-as-the-new-normal#
- (British Academy, 2010) BRITISH ACADEMY "Reforming Business for the 21st Century. A framework for the Future of the Corporation" 2010. Disponible en: https://www.thebritishacademy.ac.uk/documents/76/Reforming-Business-for-21st-Century-British-Academy.pdf
- (British Academy, 2019) BRITISH ACADEMY " Principles for purposeful business, 2019.Disponible: https://www.thebritishacademy.ac.uk/publications/future-of-the-corporation-principles-for-purposeful-business/
- (Business Coalition,2021) BUSINESS COALITION, Carta de más de 600 empresas del mundo al G20, 2021.Disponible: https://www.wemeanbusinesscoalition.org/g20-2021/
- (Business rountable,2019) BUSINESS ROUNDTABLE," Statement on the Purpose of a Corporation, 2019. Disponible en https://s3.amazonaws.com/brt.org/BRT-StatementonthePurposeofaCorporationOctober2020.pdf

- (Carrascosa, 2021) A. CARRASCOSA, "Key aspects of sustainable finance", Mayo 2021. Disponible: https://dobetter.esade.edu/en/sustainable-finance
- (Cohen,2021) Sir RONALD COHEN, "Opinion:We can no longer pursue profit without considering SDG impacts",Devex, 2021. Disponible en https://www.devex.com/news/opinion-we-can-no-longer-pursue-profit-without-considering-sdg-impacts-100056
- (Corporate Excellence, 2020) CORPORATE EXCELENCE-CANVAS, "Approaching the Future 2020 Tendencias en reputación y gestión de intangibles", 2020.
- (C. Triana, 2021) TRIANA, CRISTINA, "El activismo exige al Santander, BBVA y CaixaBank más visibilidad sobre su estrategia de descarbonizaciónn", Social Investor, 19 julio 2021. Disponible: https://www.socialinvestor.es/cotizada-esg/el-activismo-exige-al-santander-bbva-y-caixabank-mas-visibilidad-sobre-su-estrategia-de-descarbonizacion/
- (DIRSE, 2021) DIRSE "El estado de la gestión ética en nuestras organizaciones. Tendiendo puentes entre el propósito y la acción" Disponible: https://www.dirse.es/wp-content/uploads/2021/09/20210916-Informe-Estudio-Gestión-Ética_beethik-dirse_Defx.pdf
- (Edelman,2020) FUNDACIÓN EDELMAN. "Edelman Trust Barometer 2020". Disponible en https://www.edelman.com/sites/g/files/aatuss191/files/2020-01/2020%20Edelman%20Trust%20Barometer%20Global%20Report.pdf
- (Edelman,2021) FUNDACIÓN EDELMAN, "Edelman Trust Barometer 2021". Disponible en: https://www.edelman.com/sites/g/files/aatuss191/files/2021-03/2021%20Edelman%20Trust%20Barometer.pdf
- (EU Comission,2020) EU COMISSION," Plan de recuperación para Europa", 2020.Disponible: https://ec.europa.eu/info/strategy/recovery-plan-europe_es
- (Foro Impacto, 2019) FORO IMPACTO-ESADE ENTREPRENEURSHIP INSTITUTE, "Hacia una economía de impacto.Recomendaciones para impulsar una economía de impacto en España", 2019.Disponible en https://www.foroimpacto.es/descargas/informes/Foro_Impacto_Informe_Final_Hacia_una_econom%C3%ADa_de_impacto.pdf
- (Friedman,1970) FRIEDMAN, MILTON "The Social Responsibility of Business Is to Increase Its Profits", The New York Times Magazine, 13 septiembre 1979. Disponible: ttps://www.nytimes.com/1970/09/13/archives/a-friedman-doctrine-the-social-responsibility-of-business-is-to.html
- (Fundación SERES,2021) FUNDACIÓN SERES-EY, "Definir con claridad los conceptos y elaborar un mapa de actores del mercado financiero desde el punto de vista de la financiación e inversión sostenible," Labs inversores. Sesión 1, 2021.
- Disponible: https://assets.ey.com/content/dam/ey-sites/ey-com/es_es/topics/climate-change/labs-inversores-sesion-1.pdf
- (Fundación SERES-EY,2021) FUNDACIÓN SERES-EY," El rol del emisor vinculado a la financiación sostenible y la adaptación a las nuevas condiciones del mercado financiero", Lab Inversores. Sesión 2 ,2021.
- Disponible: https://assets.ey.com/content/dam/ey-sites/ey-com/es_es/topics/climate-change/labs-inversores-sesion-2.pdf
- (J.P. Morgan,2020) J.P. MORGAN, "Why COVID-19 Could Prove to Be a Major Turning Point for ESG Investing», 2020.Disponible: https://www.jpmorgan.com/insights/research/covid-19-esg-investing
- (Molina,2021) MARÍA MOLINA, Fundación Gabeiras -B Lab Spain, "El libro verde de las empresas con propósito", La Cultivada, 2021. Disponible: https://lacultivadaediciones.es/libro-verde-de-las-empresas-con-proposito/

- (Pajín, 2021) LEIRE PAJÍN," Una mirada sostenible al futuro", Simposio empresarial Internacional: La transición energética, oportunidad para la recuperación económica", 2021
- (PIR,2006) UN, About PRI, "Principles for Responsible Investment ". Disponible: https://www.unpri.org/pri/about-the-pri
- (Platform,2021) PLATFORM ON SUSTAINABLE FINANCE, "Draft Report by Subgroup4: Social Taxonomy", July 2021. Disponible en https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/business_economy_euro/banking_and_finance/documents/sf-draft-report-social-taxonomy-july2021_en.pdf
- (Porter-Kramer, 2006) PORTER, MICHEL-KRAMER, MARK R. "Strategy&Society". Harvard Business Review, Dic.2006.
- (Porter-Kramer, 2011) PORTER, MICHEL-KRAMER, MARK R. "Creating shared value. How to reinvent capitalism-and unleash a wave of innovation and growth." Harvard Business Review, Dic.2011. Disponible en: https://sharedvalue.org.au/wp-content/uploads/2015/12/Harvard-Business-Review-Creating-Shared-Value.pdf
- (Porter,2013) PORTER, MICHAEL "¿Por qué las empresas pueden resolver problemas sociales?", Ted talk, 7 oct. 2013. Disponible en: https://www.youtube.com/watch?v=0iIh5YYDR2o
- (Porter,2019) PORTER, MICHAEL "Michael Porter on Purpose", You Tube. 20 oct. 2019. Disponible en: https://www.youtube.com/watch?v=gP0gSFHfQM0
- (PIR,2006) UN, "Principles for Responsible Investment "Disponible: https://www.unpri.org/pri/about-the-pri
- (Triana,2021) C. TRIANA, "El apoyo de los accionistas a las propuestas ASG marcan otro máximo", Social investor, 2021. Disponible en https://www.socialinvestor.es/cotizada-esg/el-apoyo-de-los-accionistas-a-las-propuestas-esg-marca-otro-maximo/
- (UN,2020) United Nations, "Share Responsibility, Global solidarity: responding to the Socio-Economic Impacts of Covid- 19", 2020. Disponible: https://unsdg.un.org/sites/default/files/2020-03/SG-Report-Socio-Economic-Impact-of-Covid19.pdf
- (UN Climate Change,2021) UNITED NATIONSCLIMATE CHANGE, "Building Resilience in a Warming World -Global Adaptation Summit 25 – 26 January", 2021. Disponible: https://www.unbonn.org/news/building-resilience-warming-world-global-adaptation-summit-25-26-january
- (UN WOMEN,2020) UN WOMEN, "From insights to action: Gender equality in the wake of COVID-19, 2020. Disponible: https://www.unwomen.org/-/media/headquarters/attachments/sections/library/publications/2020/gender-equality-in-the-wake-of-covid-19-en.pdf?la=en&vs=5142
- (UNCTAD) and the five United Nations regional commissions (2020), The World Economic Situation and Prospects 2020, United Nations, Nueva York. Disponible: https://www.un.org/development/desa/dpad/wp-content/uploads/sites/45/WESP2020_FullReport.pdf
- (UNESCO, 2021) UNESCO, "Ingeniería para el desarrollo sostenible: Cumpliendo los objetivos de desarrollo sostenible", 2021. Disponible: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000375644.locale=en
- (UNDESA,2020) The United Nations Department of Economic and Social Affairs (UN DESA), the United Nations Conference on Trade and Development
- (Uría Menéndez,2021) URÍA-MENÉNDEZ "Novedosa sentencia de la corte de La Haya sobre emisiones de gases de efecto invernadero: "caso Shell". Elementos fundamentales y valoración desde el Derecho español", 21 jun. 2021. Disponible en: https://www.uria.com/documentos/circulares/1421/documento/12368/Shell-junio_2021.pdf

- (WEF,2020) WORLD ECONOMIC FORUM, "Manifiesto de Davos 2020: El propósito universal de las empresas en la cuarta revolución industrial", 2020. Disponible en: https://es.weforum.org/agenda/2019/12/manifiesto-de-davos-2020-el-proposito-universal-de-las-empresas-en-la-cuarta-revolucion-industrial/
- (WEF,2019) WORLD ECONOMIC FORUM, "From Funding to Financing: Transforming SDG finance for country success", 2019. Disponible: https://www3.weforum.org/docs/WEF_From_Funding_to_Financing.pdf
- (WEF,2021) WORLD ECONOMIC FORUM, "Global Risk Report",2021. Disponible en: http://www3.weforum.org/docs/WEF_The_Global_Risks_Report_2021.pdf
- (WFEO, 2020) World Federation of Engineering Organizations, "WFEO Statement on Inclusive Engineering for all", 2020. Disponible: http://www.wfeo.org/wp-content/uploads/declarations/WFEO_Statement_on_Diversity_and_Inclusion_in_Engineering_2020-07.pdf
- (WFEO, 2021) WORLD FEDERATION OF ENGINEERING ORGANIZATIONS, web. Disponible en https://www.wfeo.org
- (Wu,2020) V.J. JENNIFER WU," La COVID-19 revela que los criterios ESG so",2020. Disponible: https://am.jpmorgan.com/content/dam/jpm-am-aem/emea/es/es/insights/market-insights/otmoi/mi-otmoi-covid-19-esg-matters-es.pdf.
- (Yunus,2010) YUNUS, MOHAMMAD," Building Social Business: The New kind of capitalism that serves humanity´s most pressing needs", Editorial PublicAffairs, 2010.
- (Yunus,2018) YUNUS, MOHAMMAD." The World of three zeroes. The new economics of zero poverty, zero unemployment and zero carbon emissions," Editorial Scribe, 2018.

Carlos
Sallé


Pedro
Moreno

Marta
Reina

Julio
Eisman

Jose Ignacio
Pérez

Ana
Moreno

Mesa 5 / Ponencia 2

SI QUIERES TRANSFORMAR EL MUNDO, HAZTE INGENIERO

Julio Eisman Valdés. *Patrono. Fundación Ingenieros ICAI.*

José Ignacio Pérez Arriaga. *Profesor visitante en MIT y profesor en Florence School of Regulation y en Escuela Técnica Superior de Ingeniería. Comillas ICAI.*

Andrés González García. *Fundador. Waya Energy Inc & Wayvolution S.L.*

Isabel Asensio. *Asesora de Energía. Ministerio de Energía de Burkina Faso (TBI - Tony Blair Institute for Global Change)*

Álvaro Guzmán Zotes. *Desarrollo de negocio. BioLite*

Raquel de la Orden. *Analista de inversiones de finanzas sostenibles. IFC*

Clara Pérez-Andújar Carretié. *Consultora de energía. Waya Energy*

Resumen

En 2015, la ONU aprobó la Agenda 2030 sobre el Desarrollo Sostenible, una oportunidad para que gobiernos, sector privado y sociedad civil adopten una nueva estrategia, poniendo fin a la pobreza, protegiendo el planeta y mejorando la calidad de vida de las personas del mundo. Los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) son la brújula que nos ha de guiar para diseñar los planes nacionales y armonizarlos con los compromisos definidos a escala global. Entre los objetivos se encuentra el acceso universal a la energía y al agua potable, poner fin a la pobreza, combatir el cambio climático, y promover la industrialización sostenible.

La enorme y creciente desigualdad del nivel de vida entre países, comunidades y personas es uno de los mayores retos globales a los que nos enfrentamos. Para paliar esta situación es necesario poner el foco en los más vulnerables, facilitando su acceso de forma sostenible y asequible a servicios básicos para su desarrollo humano en todas sus dimensiones: salud, educación, vivienda, energía, agua, seguridad, conectividad, etc.

Alcanzar estos ambiciosos objetivos en 2030, facilitando el acceso a bienes y servicios básicos para el desarrollo humano de los colectivos más vulnerables, implica frecuentemente el uso de las tecnologías más avanzadas, requiere la resolución de problemas de forma innovadora, y necesita la cooperación entre colectivos profesionales. La contribución de los ingenieros es imprescindible. Cada año son más los ingenieros del ICAI que deciden optar por una carrera profesional con propósito. Son muchos los antiguos alumnos que ya dedican su actividad profesional a temas como la regulación y pla-

nificación energética inclusivas, el asesoramiento. gubernamental para el acceso universal a servicios básicos, desarrollos técnicos adaptados a satisfacer las necesidades de poblaciones vulnerables, la financiación de proyectos en países en desarrollo, o la distribución de equipos para poblaciones rurales aisladas, entre otros.

Desde su testimonio personal, los autores quieren manifestar al colectivo ICAI que, más allá de la filantropía y del voluntariado, facilitar el acceso a bienes y servicios a los más desfavorecidos, en línea con la Agenda 2030, es una actividad que requiere aportaciones profesionales de ingeniería y constituye, por tanto, una opción muy válida de empleo, de emprendimiento y de desarrollo profesional, que ofrece oportunidades muy atractivas y estimulantes para desarrollar una carrera profesional exitosa.

Se presentan en esta ponencia testimonios de ingenieros que han optado por compaginar sus intereses técnicos y sociales y, específicamente, de aquellos que trabajan en mejorar las condiciones de vida de los más necesitados.

1. Tecnologías para el desarrollo humano

José Ignacio Pérez Arriaga.

Desde sus orígenes, la ingeniería ha contribuido al progreso económico y social. El aumento del nivel de bienestar económico y material que disfruta nuestra sociedad no hubiera sido posible sin la ingeniería y sus profesionales, que han aportado sus conocimientos, su creatividad y sus capacidades al desarrollo de procesos, productos y servicios que han mejorado la calidad de vida de las personas. La ingeniería, además, ha sabido adaptarse a los cambios que se han ido produciendo en la sociedad.

Sin duda, la ingeniería cambia el mundo, pero ese cambio de momento no ha alcanzado a todos de igual manera. Por ejemplo, actualmente, a pesar del progreso realizado durante la última década, casi 800 millones de personas no tienen en absoluto acceso a electricidad y para otros 2000 millones el nivel y escasa fiabilidad de su suministro eléctrico no permiten un uso adecuado de este vector energético fundamental en las sociedades modernas. Más de la cuarta parte de la población mundial no dispone de saneamiento básico y 3 millones de personas no pueden lavarse las manos en su casa en condiciones de seguridad higiénica. 40% de los hogares del mundo no tienen acceso a Internet. 2.800 millones de personas no cocinan con combustibles y tecnologías limpios y ponen en peligro su salud.[1] Estadísticas semejantes existen respecto a alimentación suficiente, atención médica, vivienda digna, acceso a medios adecuados de transporte, entorno medioambientalmente saludable, tecnologías y métodos agrícolas apropiados o respuesta a situaciones de emergencia.

> *...la ingeniería cambia el mundo, pero ese cambio de momento no ha alcanzado a todos de igual manera.*

Nos interpela a los ingenieros el reto de reducir la falta de equidad en el acceso a los beneficios que la tecnología hoy día puede ofrecer. Las contribuciones de otras profesiones son también esenciales para conseguir este objetivo. A los ingenieros se nos presenta el desafío de crear soluciones tecnológicas apropiadas para mejorar las condiciones de vida de una parte importante de la población, contribuyendo a reducir la brecha entre los que disfrutan de los servicios que proporcionan las tecnologías actuales y los que no tienen acceso a ellos.

Muchos ingenieros ya titulados, y otros que aún estudian ingeniería o que piensan estudiarla, tienen – además de su interés por ejercer la profesión – una seria preocupación por el impacto social de su trabajo y, en particular, por contribuir a mitigar la citada desigualdad en el acceso a los bienes y servicios que la sociedad moderna ofrece, en su entorno más

[1] Secretariat of the High-level Dialogue on Energy 2021 Division for Sustainable Development Goals Department of Economic and Social Affairs, United Nations. "Theme Report on Energy Access." https://www.un.org/en/conferences/energy2021/about

inmediato o en cualquier rincón del mundo. Esta ponencia tiene como objetivo mostrar que hay puestos de trabajo para los ingenieros que tratan de conciliar sus intereses sociales y técnicos, así como un creciente número de empresas y otras entidades que ofrecen estos trabajos.

El grueso del problema de la falta de infraestructuras y servicios que se consideran necesarios para el desarrollo humano en la sociedad actual se concentra en los mil millones de personas en el estrato inferior de ingresos. Es sólo aquí donde la población crece rápidamente, pues la mayoría de las mujeres tienen muchos hijos, aunque su porcentaje de supervivencia dista mucho del 100%, los porcentajes de escolarización son bajos (60% de las niñas acaban la educación primaria), la esperanza de vida es baja (62 años), las familias han de ir a traer agua caminando a algún lugar lejano, carecen de saneamiento adecuado, no tienen acceso a formas modernas de energía, etc. Otros tres mil millones de personas viven en situaciones precarias, aunque no tan extremas.

Los que opten por la ingeniería como profesión sin querer renunciar a sus inquietudes sociales, orientándolas a mejorar las condiciones de ese estrato de población más desfavorecido, tienen en la actualidad muchas opciones abiertas, tanto desde el punto de vista de las tecnologías a aplicar como de las entidades en las que trabajar.

Comenzando por las tecnologías, las poblaciones con recursos más escasos, tanto en zonas rurales con agricultura de subsistencia, en zonas desérticas, en la jungla amazónica o en selvas tropicales, en áridos terrenos montañosos, en comunidades de pescadores con recursos escasos o en las periferias de grandes ciudades resultantes de procesos masivos de urbanización, en general carecen de las infraestructuras básicas de suministro sostenible de agua y saneamiento, energía, medios de transporte con otros centros de población, comunicaciones y acceso a la información, escuelas, centros de salud, habitabilidad adecuada, o capacidad de respuesta a emergencias, tanto personales como colectivas, entre otras muchas carencias.

Por consiguiente, es necesario utilizar tecnologías adecuadas a las condiciones locales, normalmente caracterizadas por su bajo costo, su pequeña escala, su fácil utilización por la población y su sostenibilidad, que mucho depende de la calidad técnica y de asegurar la capacitación de los usuarios. Es necesaria la no importación de insumos cuando las condiciones de accesibilidad a la comunidad son difíciles. Debe darse prioridad a satisfacer las necesidades humanas básicas y a liberar a las personas de tareas duras, de riesgo o rutinarias. Hay que buscar la apropiación local de la tecnología, asegurando la compatibilidad con la cultura local y la participación creativa de la comunidad destinataria. El impacto medioambiental debería ser reducido. Los proyectos de tecnologías apropiadas pueden requerir la concesión de microcréditos y la mejora del transporte y el almacenamiento.

Las anteriores consideraciones claramente indican que no existen "tecnologías adecuadas" en un sentido absoluto, pues se trata de responder a necesidades muy básicas y cada comunidad y entorno tiene su especificidad, de forma que no hay una respuesta universal para resolver una carencia determinada. La solución tecnológica más apropiada será función de los recursos disponibles y de otros muchos factores variables. Además, las tecnologías más adecuadas se tendrán que ir adaptando, según las cambiantes circunstancias lo requieran. La mejora tecnológica introducida en una comunidad – en particular en comunidades aisladas, tanto geográfica como cultural y sociológicamente – no será permanente si no es asimilada y asumida como propia por la comunidad beneficiada; esto puede requerir tiempo, paciencia y seguimiento, sobre la base de una actuación específica para creación de capacidades propias, sin la cual esa asimilación puede no llegar a darse nunca. Una de las características de las comunidades aisladas en un sentido amplio es el distanciamiento de los poderes públicos, lo que hace necesaria la búsqueda de soluciones que tomen en consideración la descentralización administrativa y, muy particularmente, la organización interna de la propia comunidad.

La perspectiva debe también ampliarse respecto a lo que debe entenderse por "tecnologías". La ingeniería cubre multitud de campos, desde el diseño y construcción de infraestructuras, productos, y sistemas, a la gestión de estas infraestructuras de acuerdo con marcos regulatorios y modelos de negocio adaptados a cada entorno específico. Los ingenieros deben también participar en el diseño de

esos marcos regulatorios y los modelos de negocio que hagan posible atraer las enormes cantidades de inversión que se necesitan para proporcionar un acceso universal a los servicios esenciales en las comunidades de escasos recursos. Los ingenieros participan también en los equipos que estudian las necesidades y condiciones de financiación de los proyectos de infraestructuras básicas y de acceso a servicios a las comunidades de escasos recursos. Ingenieros en universidades y "think tanks" investigan y proponen soluciones tecnológicas, de gestión, regulatorias y financieras, a los problemas citados, en colaboración con profesionales de otras especialidades.

Los problemas de desarrollo necesitan por lo general una perspectiva más amplia que la meramente tecnológica y financiera. Esto es común a los grandes problemas de la actualidad, como el cambio climático, la lucha contra la pobreza o la sostenibilidad medioambiental. Y requiere un énfasis más sistémico en la formación del ingeniero, de forma que sea capaz de hacerse cargo de los múltiples aspectos – políticos, tecnológicos, financieros, sociales, económicos, culturales, organizativos, logísticos, medioambientales y regulatorios – que han de tenerse en cuenta.

> *Los problemas de desarrollo necesitan por lo general una perspectiva más amplia que la meramente tecnológica y financiera.*

Pasamos ahora a examinar la diversidad de entidades en las que los ingenieros pueden desarrollar sus actividades profesionales con un objetivo social. En primer lugar, por su importancia en proporcionar la mayoría de los bienes y servicios, así como puestos de trabajo, hay que considerar las empresas. Cada vez más, las empresas van más allá de la supervisión de objetivos generales de sostenibilidad por medio de sus departamentos de responsabilidad social corporativa y en números crecientes – cerca de 10.000 en todo el mundo – cuestionan un modelo en el que el objetivo único de la empresa es generar valor para el accionista y se transforman en "empresas con propósito". Estas empresas incorporan a la definición de su objeto social la generación de un impacto positivo como parte inherente de su actividad empresarial, y compaginan este objetivo con la obtención de beneficios económicos. Adicionalmente, incorporan a sus estatutos un requerimiento legal que les obliga a cumplir con los estándares más elevados a nivel ambiental, social, de transparencia y buen gobierno. Algunas de estas empresas tienen precisamente como objeto social el desarrollo de infraestructuras y proporcionar servicios básicos a poblaciones en el estrato inferior de ingresos, lo que requerirá soluciones técnicas e innovadoras en las que los ingenieros serán clave. El continente africano, por ejemplo, presenta inmensas posibilidades que las empresas dispuestas a familiarizarse con el contexto, a encontrar apoyo local sólido, e innovar en tecnología y modelos de negocio, podrán aprovechar.

Cada vez más en España jóvenes profesionales deciden crear sus propias empresas. Según el premio Nobel de Economía Muhammad Yunus[2], todos los humanos somos emprendedores por naturaleza. Proyectos y trabajos de investigación en universidades y otras instituciones, con contactos y estancias en países con comunidades en la base de la citada clasificación por ingresos, pueden ser el punto de partida de pequeñas empresas con propósito, con vocación y potencial de crecer tanto como las necesidades a cubrir lo demanden.

Más allá del ámbito empresarial, los ingenieros con interés en mitigar las desigualdades entre el estrato inferior y el resto pueden contribuir a este objetivo desde algunos departamentos de investigación en algunas universidades, "think tanks", fundaciones, agencias de cooperación y sus empresas satélites, y los diversos tipos de instituciones de financiación al

[2] Muhammad Yunus (2017). "A world of three zeroes. The new economics of zero poverty, zero unemployment, and zero carbon emissions". Public Affairs. New York.

desarrollo. Todas estas entidades necesitan las habilidades profesionales de ingenieros en sus equipos multidisciplinares. El resto de este documento desarrolla estas posibilidades y presenta casos ejemplo para cada una de ellas.

Mi propia experiencia

Desde mis tiempos de estudiante de ingeniería he querido encontrar la forma de que mi trabajo como ingeniero – que muy pronto se encaminó hacia la enseñanza y la investigación – tuviese una contribución social explícita y, más concretamente, contribuyese a mejorar las condiciones de vida de los más desfavorecidos. Pero no encontraba la forma de hacerlo sin renunciar a mi campo de especialidad, que comprende diversos aspectos técnicos, económicos y regulatorios del sector eléctrico.

Introduje en mis cursos consideraciones de sostenibilidad en el sector energético e impulsé un trabajo en el que colaboraron muchos profesores del ICAI para hacer lo mismo en sus respectivos cursos, dirigí una cátedra sobre energía y sostenibilidad durante muchos años, coordiné y participé como coautor en un par de estudios de la Real Academia de Ingeniería sobre la sostenibilidad del transporte y sobre el uso de tecnologías para el desarrollo humano de comunidades rurales aisladas en países en desarrollo. Pero seguía sin conectar más directamente con las necesidades de esos muchos más de mil millones de personas sin acceso, o sin un acceso adecuado, a la electricidad y a otras formas modernas de energía.

Fue poco después de mi regreso en 2008 al MIT– donde todavía permanezco como profesor visitante – y ya con 60 años, cuando se me presentó la posibilidad de participar en una iniciativa conjunta del MIT y la empresa india Tata para desarrollar herramientas de cálculo georreferenciadas asistidas por ordenador y modelos regulatorios y de negocio para acelerar los procesos de electrificación en la India. Este proyecto me permitió viajar a la India varias veces al año durante casi una década, familiarizarme con los problemas de la electrificación rural, y acabar desarrollando con mi equipo un software muy potente con el que ya se han realizado planes maestros de electrificación en una docena de países en Asia, África sub-Sahariana y América Latina.

En este momento me dedico a tiempo completo al desarrollo de planes de electrificación, apoyados por asesoramiento – a gobiernos, entidades financieras de desarrollo, fundaciones, y empresas energéticas – sobre los aspectos técnicos, de modelos de negocio, financieros y de política económica en la implantación de estos planes en países sin un acceso universal a la energía. Es un enfoque "top-down", adaptado al tamaño real del desafío del acceso universal a la energía, que necesariamente debe complementarse con acciones "bottom-up" con interacción directa con los beneficiarios últimos. Y también estoy coordinando la creación de una Escuela Africana de Regulación, que pueda realizar para África una labor semejante a la de la Escuela de Regulación de Florencia en el ámbito europeo.

2. Planificación

Clara Pérez-Andújar

Una de las razones por las que decidí estudiar ingeniería, y no otra carrera como música, que me interesaba mucho también, fue porque un médico me dijo: "Si tienes la capacidad de estudiar ingeniería (y por supuesto el interés), debes hacerlo porque la sociedad lo necesita". Esta frase, sin que yo lo supiera en el momento, me ha estado acompañado a lo largo de mi carrera y ha marcado el enfoque que le he dado a esta profesión desde el principio.

Volviendo la vista atrás y pensando en otra fuente de inspiración que ha hecho que quisiera desde siempre colaborar en el desarrollo y bienestar de aquellos que lo necesitan, me viene a la mente otra frase de Pedro Arrupe muy repetida en el colegio: "Ser hombres y mujeres para los demás".

La ingeniería proporciona unas herramientas potentes para precisamente esto, ser hombres y mujeres para los demás y ayudarles a tener aquello que necesitan.

En ICAI se facilita a los alumnos asomarse a este mundo, al poder colaborar desde el principio con la Fundación Ingenieros de ICAI para el Desarrollo (FICAID). Para los que no la conocéis, FICAID colabora en proyectos de desarrollo en varios países del mundo, incluida España, aplicando los conocimientos aprendidos a lo largo de la carrera; ya sean de mecánica, electrónica, o de diseñar tarifas eléctricas.

Fue con FICAID, el Instituto de Investigación Tecnológica de Comillas (IIT) y la Fundación ACCIONA Microenergía (hoy acciona.org) con quienes empecé a trabajar en la planificación eléctrica en países donde parte de la población carece de suministro de electricidad. Así desarrollé mi trabajo fin de máster, con un estudio de mercado del departamento de Loreto y la planificación eléctrica para las comunidades del río Napo en la Amazonía peruana. Este primer contacto me permitió acercarme a los usuarios últimos para los que se hacen estos proyectos: aquellas personas que carecen hoy en día de electricidad y no pueden hacer algo tan simple como prender la luz para leer y estudiar, cargar el teléfono móvil o encender la radio para saber qué pasa en el mundo o entretenerse.

Posteriormente a esta maravillosa experiencia con el trabajo fin de máster, entré a formar parte del Universal Energy Access Lab (UEA Lab), formado por investigadores del IIT y del Massachusetts Institute of Technology (MIT). Con ellos trabajé en varios proyectos de electrificación rural en países como Mozambique, India, o Uganda, siendo para mí el más significativo el desarrollo del Plan de Electrificación de las provincias de Maluku y Papúa en Indonesia. En este proyecto entré de lleno como consultora del Asian Developement Bank y aprendí muchísimo. Ya no entrevistábamos a los usuarios últimos y beneficiarios finales del proyecto, sino que dialogábamos con los organismos de alto nivel que hacen que la electrificación universal pueda ser una realidad: el gobierno, el ministerio de energía, las compañías eléctricas, o los desarrolladores de materiales y equipos de electrificación.

Actualmente, continúo en el UEA Lab desde la empresa Waya Energy[3], un spin-off creado por miembros de este grupo para poner en práctica los resultados de sus investigaciones, por ejemplo, la herramienta de planificación desarrollada por el IIT y el MIT, que llamamos *Reference Electrification Model (REM)*[4]. REM es un modelo muy avanzado de electrificación geoespacial que emplea gran cantidad de datos. Para una región o un país entero, el modelo genera el plan de electrificación de menor coste llegando hasta el máximo nivel de granularidad espacial: cada edificio. Se trata de una optimización tecno-económica que considera tres formas de electrificación: extensión de red (hasta ahora la más habitual), minirredes y sistemas aislados. Al considerar los sistemas off-grid se abren innumerables posibilidades para todos aquellos usuarios cuya situación plantea un difícil acceso al servicio eléctrico, debido sobre todo a su lejanía de la red y dispersión.

En Waya Energy realizamos proyectos de consultoría para diversos países, centrándonos en la planificación geoespacial a gran escala, el estudio de propuestas regulatorias y de modelos de negocio, el análisis financiero de los planes, y diseño de soluciones off-grid, entre otros temas. Para cada proyecto analizamos la situación particular de electrificación de los usuarios y proporcionamos una propuesta de plan eléctrico y modelo de negocio específica. Aparte de trabajar con países como Ecuador, Colombia, Gambia o Pakistán, también elaboramos proyectos para entidades financieras internacionales como el Banco Mundial, o el Banco Interamericano de Desarrollo para realizar estudios específicos. Un ejemplo de esto es un proyecto reciente con el Banco Mundial de electrificación de poblaciones refugiadas y desplazadas en la zona de Sahel, concretamente en los países de Mali, Níger, Chad, Burkina Faso y Mauritania. Un proyecto fascinante, complejo y donde se requiere mucha creatividad e innovación para poder llegar a unas conclusiones útiles para estas personas.

Nuestro objetivo último es acelerar el acceso universal a la energía, el objetivo de Desarrollo Sostenible número 7, ya sea elaborando nosotros los análisis, o compartiendo nuestro conocimiento y proporcionando las herramientas necesarias a los actores relevantes para ello. El acceso a una energía limpia y segura permite el desarrollo de otros aspectos sociales como el económico, social, o de salud, y contribuye significativamente a reducir la brecha social impulsando el bienestar de la comunidad beneficiaria.

Un aspecto importante que he aprendido trabajando en este sector, es que queda mucho por hacer, y más importante, que hay oportunidades de negocio, que no se trata de donaciones altruistas. Al haber interés económico y oportunidades, se favorece que

[3] https://waya-energy.com

[4] http://universalaccess.mit.edu/#/rem

haya interés en mantener las instalaciones, y hacerlas crecer, dotando finalmente a los usuarios de un servicio que dignifique su vida.

3. Regulación y gobernanza

Andrés González García

La necesidad de integrar lo humano del desarrollo en la profesión está en la motivación de esta ponencia. La complejidad a la que se enfrenta un ingeniero que termina su carrera en 2021 es seguramente mayor que la que yo me encontré en 1995, pero los principios (los valores, la cultura) quizás no han cambiado tanto. Compartimos hoy como entonces la necesidad de encontrar un propósito a nuestra carrera. Puede ser la ley del máximo beneficio (entienda cada cual beneficio conforme a aquello que valora, aunque conviene recordar a Quevedo cuando decía "solo el necio confunde valor y precio") o la del mínimo esfuerzo (posiblemente no hubiéramos estudiado ICAI si ese fuera nuestro motor). Sea como sea, en el punto de inflexión que se nos presenta al inicio (o en medio, o al final) de nuestra carrera profesional ese propósito es algo fundamental (aunque también puede variar en el tiempo, como toda segunda derivada de cualquier curva que se precie).

Mi punto de inflexión se fraguó en los dos últimos años de carrera, pero seguro venía de mucho tiempo antes. Viví las acampadas del Movimiento por el 0,7% del PIB para los países empobrecidos. Acababan de fundar en ICAI la delegación de Ingeniería Sin Fronteras (ISF, hoy ONGAWA). Mi primer "emprendimiento" fue ayudarles y tomar el relevo en mi último curso en que celebramos la primera feria de Solidaridad y Comercio Justo en la Universidad. Todas estas pequeñas contribuciones han tenido su reflejo importante en la vida profesional de todos los ICAI que pasamos por ISF entonces.

Las carreras en "cooperación" para los ingenieros, y en general la profesionalización del Tercer Sector son hoy mucho más comunes que entonces. En los 90 muchos combinábamos una carrera profesional con ser voluntarios activos de distintas ONG. En mi caso ISF en el grupo de estudios. Mientras tanto trabajaba en Sistemas Avanzados de una consultora internacional (hoy Atos) y hacía mi primer máster en Cooperación Internacional pues sentía la necesidad, en una época muy convulsa, de entender los "qué", los "por qué" y los "cómo", una extensión de la necesidad de entender de los ingenieros, ahora enfocada en lo global (economía y política internacional) y lo local (centrando el objetivo en el ser humano concreto, su comunidad y sus necesidades). Mientras tanto me llamaron de la Agencia Espacial Europea para trabajar en Frankfurt, creo que el trabajo que siempre quise cuando estudiaba ingeniería, pero el paso por ISF y por el máster me habían dejado inquieto y descubierto una vocación y un rumbo profesional diferente. En la Universidad española corrían además años de fuerte renovación, buscando también su papel en liderar los grandes retos sociales. Empecé así una carrera en cooperación universitaria en Comillas, estudiando y aprendiendo de las experiencias de las universidades iberoamericanas en transferencia de conocimientos, emprendimiento y tecnología entre la universidad y los más desfavorecidos en México y Guatemala gracias a las becas del programa de Cooperación Interuniversitaria del Ministerio de Educación y Ciencia. En estas universidades muchas veces ser hombres y mujeres para los demás se traducía en poner en peligro tu vida, como les sucedió a los jesuitas de El Salvador. Esto me llevó también a participar en el grupo de trabajo de la Conferencia de Rectores de Universidades Españolas (CRUE) que creó la primera Estrategia de Cooperación Universitaria para el Desarrollo que se aprobaría en el año 2000[5]. En Comillas pusimos en marcha en estos años un ambicioso programa de cooperación universitaria entre la Oficina de Relaciones Internacionales y la Oficina de Compromiso Solidario (que daría lugar más tarde a "Comillas Solidaria" y a los "Cursos Inside"). Ahí supongo que ya el "gusanillo de la cooperación" se había adueñado de mi carrera profesional, haciendo camino al andar. Y ahí sentí la necesidad de profundizar un poco más en el conocimiento de "los qué, los por qué y los cómo" y empecé un EMBA pues pese a que la empresa entonces no era un actor reconocido de la cooperación internacional, ya parecía evidente

[5] CRUE, "Estrategia de Cooperación Universitaria al Desarrollo". Septiembre 2000. https://www.um.es/documents/1642032/1886411/ESCUDE.pdf/053b4bcd-3cbf-4dfc-b0d4-89b85734fac3

que sin la empresa poco era lo que se podía hacer, tal y como Yunus propone y Porter formula más adelante y se ha mencionado anteriormente. Fruto casi inesperado del EMBA fue Solidarte S.A. Comercio Responsable, cuatro ingenieros, una abogada y dos periodistas que se lanzan a crear una "punto com" sobre Comercio Justo en la red. Dicen que los emprendedores fallan de media dos veces antes de triunfar, supongo que esta cuenta como mi segunda. Un proyecto precioso, varios años de esfuerzo, en mi caso dejar temporalmente la universidad para impulsarlo, y finalmente abrir el proyecto a varias ONG de más tamaño que hoy siguen adelante mucho más lejos de lo que hicimos entonces. Y fruto también de aquella experiencia fue que durante unos años fui presidente de la Coordinadora Estatal de Comercio Justo y por eso miembro de FairTrade International - Ibérica y de la World Fair Trade Organization, haciendo "lobby" y de ponente de varias enmiendas en el Congreso de los Diputados, como en la Ley 30/2007 de Contratos del Sector Público, y dando clases de Máster en la UPM y en la Escuela Diplomática de Comercio Internacional y Desarrollo. Dos ideas para un Ingeniero Industrial de ICAI con especialización en Electrónica de Potencia: 1) nuestra carrera es tremendamente polivalente, y 2) de todo aparente fracaso se sacan aprendizajes, nuevos rumbos y oportunidades difíciles de prever.

En 2006 llegó REGEZRA, el proyecto de Regulación para la Electrificación de Zonas Rurales Aisladas en Guatemala. Yo llevaba unos años colaborando con Energía Sin Fronteras como asesor y volví a un trabajo mucho más técnico, que echaba de menos. Aquí el ejemplo de muchos ingenieros que habían hecho carreras fantásticas fuera del mundo de la cooperación y ahora aplicaban su conocimiento a lograr el acceso a la energía de poblaciones aisladas y excluidas fue un auténtico empujón. Personas que me ayudaron a tomar un nuevo rumbo mucho más ingenieril que puso los cimientos para que en 2012 decidiera empezar de cero como Investigador en Formación en Acceso Universal a la Energía en el Instituto de Investigación Tecnológica de la Universidad Pontificia Comillas (IIT-Comillas), ya no más como voluntario sino de forma completa. Desde entonces he venido trabajando en más de 15 países, participando en el desarrollo de estrategias de electrificación, planes georreferenciados, diseño de redes de distribución, mini-redes y sistemas aislados, modelos de negocio y entornos regulatorios junto con el resto del equipo del Universal Energy Access Laboratory conjunto del IIT-Comillas y del MIT, para culminar además coliderando Waya Energy, una empresa que pretende multiplicar el impacto de las investigaciones del UEA Lab poniéndolas al servicio de gobiernos, organismos multilaterales, reguladores, empresas y ONG. Más de 40 ingenieros y doctores en el UEA Lab IIT&MIT, y Waya Energy que han dedicado su talento y su tiempo a mejorar las tecnologías, los modelos, las estrategias, las políticas y las regulaciones para el logro del ODS 7.

4. Consultoría

Soy **Isabel Asensio,** ingeniera de ICAI de la promoción 2004, y desde Julio 2020, trabajo en el Tony Blair Institute (TBI), como consejera de energía para el gobierno de Burkina Faso. Quiero compartir con vosotros esta experiencia y el valor añadido que podemos aportar como ingenieros ICAI.

TBI es una organización sin ánimo de lucro creada por el ex primer ministro británico Tony Blair, con el objetivo de asesorar a los gobiernos más débiles en su desarrollo, facilitando la construcción de sociedades abiertas, inclusivas y prósperas en un mundo globalizado. Trabajamos en más de 20 países, de los cuales 10 de ellos en África, con la ambición de llegar a 20 países en África en los dos próximos años.

¿Y qué hace un ingeniero de ICAI en este tipo de institución?

Antes de comentar la esencia del trabajo, me gustaría comentaros mi motivación.

Y es que estamos en un momento único. Un momento donde convivimos con bitcoin[6] (que genera el 0,6% del consumo energético mundial), y gente sin acceso a la energía (cuya prioridad es dotar de una bombilla al baño público para poder acceder a él con seguridad durante la noche). Un momento donde hay mucho por hacer a nivel de acceso a la ener-

[6] A nivel energético, el bitcoin genera un consumo anual de 129 TWh, lo que equivale al puesto 29 de países por consumo eléctrico. Burkina Faso, ocupa el puesto 152 del ranking con un consumo anual de 2100 GWh.

gía, y el desarrollo tecnológico lo permite. La energía es el pilar clave para el desarrollo de otros sectores (agricultura, industria, T4D, salud, educación, etc.). Y este es el momento de actuar. Y es ahí, donde un ingeniero/a de ICAI puede provocar el cambio.

Trabajar como consejero/a en TBI para los gobiernos en desarrollo, significa asesorar a los gobiernos y líderes de las instituciones basados en la buena gobernanza, con el convencimiento de que esta es la raíz para cambiar vidas. Este apoyo se estructura en 4 ejes principales:

- Líder a líder: Apoyo y asesoramiento personal de Tony Blair a líderes centrados en una visión política y económica de alto nivel.
- Visión estratégica: Asesoramiento estratégico basado en la evidencia para salvar la brecha entre la visión política y la realidad técnica.
- Orientación a resultados: Apoyo a la ejecución de proyectos prioritarios con un enfoque en el establecimiento de prioridades, en la planificación y el rendimiento.
- Refuerzo institucional: Trabajar junto a las contrapartes gubernamentales para para crear una capacidad de ejecución a largo plazo.

Un ingeniero/a de ICAI, se integra muy bien en esta forma de pensar. De una parte, en nuestra formación hemos aprendido a justificar nuestros planteamientos, y ejecutar de una forma satisfactoria los proyectos, en equipo. Además, en el ICAI la orientación hacia el mercado laboral es prioritaria, y se nos ofrece una red de contactos muy extensa, y una forma de pensar orientada hacia resultados. Es en este ámbito, donde las cualidades de análisis, estrategia y visión tienen un papel fundamental.

> *...hemos aprendido a justificar nuestros planteamientos, y ejecutar de una forma satisfactoria los proyectos, en equipo.*

Trabajar en energía en estos países es tan interesante como complejo. Si como ingeniero/a de ICAI sientes pasión por el desafío y las nuevas oportunidades, sin duda este es tu sitio.

- Las posibilidades de desarrollo a nivel técnico son múltiples, desde el acceso a la energía, la planificación energética, la red de transmisión y distribución (normalmente bastante débiles), o la implementación de mercados energéticos regionales, y sus aspectos legales y de operación.
- La innovación y la colaboración son esenciales. Los países se enfrentan a desafíos muy complejos, y por eso se requiere colaboración y trabajo en equipo, y pensar "fuera de la caja (con lo mejor de aquí y de allí). Cuando las cosas no avanzan, suele ser que las soluciones planteadas de una forma estándar no funcionan, y debemos abandonarlas si queremos conseguir nuestro objetivo.
- Las relaciones son clave. A diferencia de otras instituciones, nuestro programa es el del gobierno (en la óptica de la buena gobernanza). Se requieren cualidades no sólo técnicas sino también personales muy particulares, para poder ganar la confianza de las instituciones y gobiernos. Hay que trabajar sacando lo mejor del contexto y de la tecnología, para juntos, provocar un impacto.

¿Cómo es el trabajo como consejero de energía para gobiernos de países en desarrollo?

- Requiere conocer el contexto político para apoyar la ejecución y la toma de decisiones, y trazar relaciones a nivel político con las instituciones públicas, sector privado y donantes (colaboradores tecno-financieros).
- Requiere una robusta capacidad analítica para elaborar estrategias e indicaciones políticas; preparar modelos financieros y de producción, herramientas de decisiones, y entender también el contexto regional.
- Hay que reforzar el enfoque orientado a resultados: priorización, planificación, gestión. Es muy importante para ello el desarrollo de habilidades, la sistematización.
- Es preciso colaborar, y trabajar con otras instituciones líderes (tanto públicas, como privadas, nacionales, o internacionales). Un componente clave es

establecer alianzas con otras instituciones, y trabajar estrechamente con ellas.

Como ingeniero/a de ICAI, trabajar en países en desarrollo nos enfrenta a multitud de desafíos y oportunidades y una gran capacidad de desarrollo profesional. Si quieres tener impacto, este es tu sitio, y este tu momento. Aquí el esfuerzo de instalar 1 MW es equivalente a 100 MW en Europa, pero su impacto es increíblemente superior. Estás rompiendo el círculo de la pobreza, ofreciendo a la población un germen para el desarrollo.

¿Cómo os parece que podríamos ayudar?

5. Fabricación y comercialización de bienes

¡Hola! Soy **Álvaro Guzmán Zotes Orcajo**, y empecé ICAI en el 2010.

Como a la mayoría de vosotros, me fue muy bien en el colegio, y me fue aconsejado estudiar ingeniería ya que "abre muchas puertas hacia el éxito". Subliminalmente yo también entendí que haría bien de dinero. En concreto me aconsejaron estudiar en ICAI por la reputación, por los contactos, y ya que mis padres podían pagarlo, me dije "¿por qué no?". ICAI debería de facilitar aún más mi camino hacia el éxito. Muy pronto, no obstante, sufrí una cura de humildad que me bajó de mi podio. Los primeros ceros, los primeros suspensos, desesperación. Pero seguí adelante, y si bien nunca tuve las mejores notas, conseguí ir pasando de curso sin repetir. "Bien", me decía, "sigues en el camino hacia el éxito". Pero llegó tercero, y para continuar en la senda del éxito, había que conseguir unas prácticas de verano en una consultora importante o en un banco de inversión. Apliqué a todos. Todos me rechazaron.

Al año siguiente me iba de Erasmus a Alemania, y dados los diferentes calendarios académicos, tenía un verano de 5 meses, desde mayo a octubre. Sin prácticas de prestigio, y sin dinero para viajar, un verano tan largo en casa de mis padres no resultaba muy atractivo. A través de la Fundación me enteré del trabajo de Acciona Microenergía en Perú, y que estaban buscando voluntarios. Peor que el verano en casa no podría ser, así que apliqué, y me cogieron. Pues a Perú que me fui, durante tres meses.

El voluntariado consistía en capacitar técnicos en instalación y mantenimiento de sistemas solares domiciliarios en la sierra de Cajamarca, al norte de Perú. También tuve que viajar por las diferentes comunidades beneficiarias, capacitando a los usuarios finales en el correcto uso de los sistemas. Viajábamos en una camioneta durante días a través de las comunidades rurales en los Andes, la mayoría aisladas de la red eléctrica, y viviendo en pobreza energética. Usaban lámparas de keroseno y linternas a pilas para iluminarse. En las montañas que habitan estas comunidades hay grandes recursos minerales, que el gobierno peruano y las multinacionales mineras llevaban años explotando, de manera no muy responsable ya que en el proceso contaminaron el agua de la zona, y sin que la riqueza revirtiera en las comunidades locales. Como es imaginable, existe una cierta animosidad en este aspecto.

Cuando los locales detectaban mi acento extranjero, se respiraba tensión hasta que conseguía aclarar que "no soy minero". Y cuando explicaba que estaba ahí por la luz solar, las expresiones faciales cambiaban absolutamente, esbozando las más grandes sonrisas. Veía en el transcurso de un día cómo la vida de una familia cambiaba radicalmente con la disponibilidad de luz eléctrica. Me decían "gracias, ingeniero", aunque todavía no había finalizado mis estudios, y me invitaban a comer. La primera vez que vi que todo lo estudiado en los 3 años anteriores tenía algún valor, y vaya si tenía valor, que transformaba la vida de alguien para bien. Por primera vez, sentí el "éxito", que quedó redefinido en mi diccionario para siempre como el impacto directo en la vida de los que menos tienen.

Cuando volví, continué con los estudios, pero sin la presión de seguir lo que antes entendía como "la senda del éxito". Empecé a colaborar con la Fundación en varios de los programas que tenían, escogí asignaturas optativas de lo que de verdad me gustaba y no lo que me daría más salidas, y cancelé definitivamente mi plan de trabajar en una consultoría o en un banco de inversión. Yo quería ver el impacto de mi trabajo, y no desde una oficina sino viajando por las zonas aisladas del planeta.

"Todo esto está muy bien, pero ¿y el dinero? ¿Vas a trabajar de voluntario hippie el resto de tu vida?" Cuanta ignorancia, ¿cómo iba a saber yo que hay

infinitas empresas for-profit que trabajan con impacto? Si sólo me sabía los nombres de las consultoras importantes y de los principales bancos de inversión. Cuántas veces vi el logo de Deloitte durante la carrera, y qué pocas conversé con alguien con una visión más amplia. Empecé a tontear con la industria de la automoción, y conseguí plaza en un training con Grupo Antolín entre Burgos y Múnich. ¿Pero es eso de veras lo que quería hacer? Tirando de los contactos que hice durante mi estancia en Perú, conseguí una entrevista con un fabricante de sistemas solares domiciliarios en Alemania. Una start-up familiar de 15 empleados en la pequeña ciudad de Ulm. Me contrataron como desarrollador de negocio, llevando las relaciones con los clientes por medio mundo. Tras tres meses en la empresa, hice un viaje de otros tres meses por América Latina. Y un mes después, me fui otros dos meses a África. ¡Y todo esto, mientras me pagaban un salario alemán nada mas salir del máster!

Yo hablaba con mis amigos que seguían la senda inicial hacia el éxito, y trabajaban 12 horas al día en un ambiente tóxico de competición. Algo no cuadraba. ¿Tenía yo muchísima suerte? Al principio me lo parecía, ya que no veía más allá de la oportunidad que me habían dado. Pero según pasó el tiempo, fui aprendiendo que existe una industria que se especializa en proveer de bienes y servicios a los habitantes rurales y no interconectados de los países en desarrollo. Multitud de empresas, y no sólo en el área de energía solar. Empresas que trabajan con agua y saneamientos, con residuos, con cocinas mejoradas. E incluso fuera de la ingeniería, en temas financieros, en temas de logística, en temas de diseño. Todavía recuerdo cuando conocí a un grupo de italianos en Nairobi desarrollando una App. ¡Una App! Y habían levantado varios millones en su primera ronda de financiación. Hoy las empresas de software en el África Subsahariana se cuentan por miles. Y no están formadas por voluntarios, sino por grandes talentos asalariados con algo de sensibilidad social.

Además, en estas empresas rara vez ves una corbata. Nadie va a imponerte una vestimenta o un corte de pelo en concreto. La capacidad de sensibilizar con diferentes realidades une más que un código de etiqueta. Como la mayoría son jóvenes, no hay discriminación al nuevo becario o al practicante. Jerarquías horizontales te permiten ver más allá de tu departamento. Gente activa y talentosa, que además sigue el lema "work hard - play harder".

La conclusión quiero que sea que hay diferentes posibilidades de éxito. No quiero decir que mi definición de éxito sea la adecuada para todos. El camino que yo elegí es un poco extremo, cargado de incertidumbre y aventuras. Hay caminos con mucho impacto, pero desde la comodidad del mundo desarrollado, basados en España, Suiza o en USA (países en los que, por cierto, también hay mucho impacto por hacer). Y también hay personas que lo tienen claro, que quieren entrar en consultoría bien prontito para ser un socio a los 40. Yo solo te pido que no sigas la corriente por pura inercia, que te sientas empoderado/a para hacer lo que quieras, lo que te guste, ya que al fin y al cabo el ingeniero de ICAI es polivalente y hay muchos caminos, muy diferentes, hacia el éxito. Define tu propio éxito.

6. Financiación de proyectos de desarrollo

Raquel de la Orden

Aumentar la inversión privada en países emergentes es imprescindible para el cumplimiento de la Agenda 2030. La Conferencia de Addis Abeba[7] ya adelantó que "para satisfacer las necesidades de inversión de los Objetivos de Desarrollo Sostenible ("ODS"), hay que pasar de los miles de millones en ayudas al desarrollo, a los billones de inversión pública y privada". Debido a limitaciones fiscales, los gobiernos de países emergentes no tienen la capacidad necesaria para suplir esa brecha; lo que convierte al sector privado en agente clave para el cumplimiento de los ODS en estas regiones.

IFC, miembro del Grupo Banco Mundial, es la mayor institución a nivel global focalizada en el sector

[7] AfDB, ADB, EBRD, EIB, IDB, IMF, & WBG. (2015). From Billions to Trillions: Transforming Development Finance. Post 2015-Financing for Development: Multilateral Development Finance. Addis Ababa.

[8] https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/topics_ext_content/ifc_external_corporate_site/development+impact/aimm

privado en países en desarrollo. Fundada en 1956, y presente en más de 100 países, IFC financia empresas en países emergentes a través de préstamos e inversiones de capital, con el objetivo de erradicar la pobreza extrema y promover la prosperidad compartida mediante el crecimiento del sector privado. Para ello, IFC complementa la oferta de bancos comerciales proponiendo, por ejemplo, horizontes de inversión más largos o acceso a moneda local, que atraigan al sector privado a estos mercados. A la hora de evaluar sus inversiones, IFC incorpora criterios socioeconómicos y medioambientales a los tradicionales criterios financieros, utilizando su propia metodología de medición de impacto – i.e. AIMM[8]. Actualmente, todas las inversiones de IFC deben estar alineadas con el Acuerdo de París, mostrando características de mitigación y resiliencia al cambio climático. De manera complementaria, IFC también moviliza capital de otros inversores, proporciona financiación concesional (i.e. coinversiones con fondos de donantes), y asesora a negocios y gobiernos a lo largo de todo el ciclo de proyecto – i.e. desde el desarrollo inicial, pasando por estructuración de la financiación, hasta la implementación.

Mi nombre es Raquel de la Orden (ICAI 2017), y actualmente trabajo como Analista de Inversiones en el equipo de energía de IFC. Mi papel consiste en estudiar nuestra participación en la financiación de empresas energéticas, desde grandes multinacionales (muchas de ellas españolas) hasta empresas locales, que desean expandir sus actividades comerciales en países emergentes. La estrategia del sector energético en IFC busca (i) priorizar necesidades de acceso en los países más vulnerables, a través de gas, renovables, y mejoras del sistema de transmisión y distribución; y (ii) participar en oportunidades de innovación tecnológica que eleven la complejidad del mercado local, como baterías, hidrógeno, solar flotante, o eólico marino. Durante los últimos años, he tenido la oportunidad de participar en proyectos de distintas tecnologías a lo largo de la cadena de valor, incluyendo parques solares con baterías en Sudáfrica, gaseoductos virtuales en Nigeria, centrales geotérmicas en Dominica, y generación distribuida en Brasil, entre otros. Entre mis responsabilidades están (i) llevar a cabo una buena debida diligencia, cubriendo aspectos financieros, técnicos, legales y socio ambientales que nos informen sobre la calidad del proyecto; (ii) estructurar nuestra propuesta de financiación; y (iii) apoyar las negociaciones de los términos. Para esto, coordino de cerca con el equipo directivo de nuestros clientes, consultores externos, y nuestros equipos internos de expertos. Como parte de mi trabajo de estructuración, también apoyo la innovación en nuestros instrumentos financieros con herramientas como los "sustainability-linked financings", cuyo precio está vinculado al cumplimiento de objetivos de sostenibilidad dentro de las empresas; "blue loans", destinados a la mejora de la biodiversidad marina; o "transition loans", enfocados en la descarbonización y la transición energética.

Hubo muchos pasos en mi camino hasta llegar a IFC. Mi primera toma de contacto con el sector fue en 2014 a través del programa INSIDE Washington, donde conocí la labor del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y del Banco Mundial. La idea de trabajar desde plataformas tan potentes para solucionar problemas en países emergentes me fascinó. Dos años más tarde, conseguí unas prácticas en el BID, donde estuve tres meses trabajando en fondos fiduciarios de infraestructura en Latinoamérica. Allí confirmé mi vocación por desarrollar una carrera profesional en este sector y decidí continuar mi formación financiera. En 2016, me mudé a Francia para cursar un máster de negocios en HEC Paris, que compaginé con mi último curso de máster en ICAI. Al final del primer año, hice un parón en mis estudios y me uní como Consultora al Banco Mundial, donde trabajé en varios proyectos, incluyendo partenariados público-privados de transporte público en Senegal, sistemas solares domésticos en Nigeria, y proyectos portuarios en Mauritania. Para apoyar la implementación de estos proyectos más de cerca, pasé cuatro meses viviendo en Nouakchott (Mauritania). En el verano de 2018, antes de volver a Francia para terminar mi máster en HEC, estuve trabajando dentro del equipo de Banca de Inversión de JPMorgan Londres, apoyando diferentes transacciones financieras, como la salida a bolsa de una empresa de renovables francesa. Una vez en HEC, me especialicé en finanzas y sostenibilidad, y escribí mi tesis sobre cómo aumentar la inversión privada en acceso a electricidad en África Sub-Sahariana. Al graduarme de HEC, conseguí esta oferta de trabajo en IFC y volví a Washington de nuevo.

Las instituciones de financiación al desarrollo ofrecen una carrera profesional muy completa y ambiciosa para los ingenieros de ICAI. Las necesidades de inversión para el cumplimiento de los ODS son amplias, y los problemas a los que hacen frente las empresas y gobiernos son complejos. Ante esta situación, nosotros aportamos una gran capacidad de resolución de conflictos, un entendimiento profundo de las soluciones tecnológicas, y una voluntad de lucha contra la desigualdad. En este sentido, las instituciones financieras multilaterales ofrecen una alternativa profesional muy atractiva, tanto por su gran escala, como por su presencia global y su prestigio en el creciente sector de "inversión de impacto", que cada vez será más prominente dentro de los mercados financieros.

7. Modelos de provisión de servicios básicos

Julio Eisman

La mayor dificultad para el acceso de las comunidades vulnerables a servicios básicos, como agua y saneamiento, transporte, telecomunicaciones y energía, reside en el modelo de provisión del servicio. Los modelos tradicionales que han sido desarrollados y optimizados durante muchas décadas, no suelen ser operativos en entornos complejos no convencionales. Disponemos de tecnología fiable y competitiva para facilitar acceso a las comunidades aisladas y remotas donde no llegan esos servicios. Pero la tecnología no es suficiente. Tiene que estar coordinada con un marco organizativo o de gestión y con un marco económico que compongan en conjunto un modelo de suministro sostenible y asequible. A esta conclusión llegué después de desarrollar una carrera profesional "exitosa" durante 31 años trabajando para Iberdrola, llegar a ser miembro de su Comité de Dirección como director general de Ingeniería, y de pasar, más tarde, cuatro años colaborando como voluntario con Energía sin Fronteras en proyectos de electrificación en comunidades rurales aisladas en Benín, Guatemala, República Democrática del Congo, etc.

Tuve la oportunidad de validar mi conclusión en el año 2008, cuando participé como gerente y único empleado en la creación de la Fundación ACCIONA Microenergía, hoy acciona.org .Con la experiencia adquirida anteriormente y el conocimiento de los proyectos de electrificación aislada más exitosos, diseñé un modelo de electrificación aislada que llamé "Luz en Casa". El modelo partía de la creación de microempresas sociales en los países en desarrollo donde se interviniera, para suministrar energía eléctrica con sistemas fotovoltaicos a viviendas ubicadas en lugares remotos donde la extensión de red no era posible. Verdaderas empresas de suministro eléctrico, sin ánimo de lucro, con tarifas asequibles para familias de muy bajos ingresos y con el empeño en ser autosostenibles económicamente en el medio plazo. El servicio a los usuarios no debería depender indefinidamente de la buena voluntad de terceros.

Y decidimos ponerlo en marcha en Perú, creando Perú Microenergía y contratando a una gerente. Mantuve reuniones con el viceministro de Energía y su equipo para explorar como podríamos colaborar implantando el modelo: caras de escepticismo. Reuniones con el regulador para ver como extender la tarifa social que se aplicaba a viviendas con bajo consumo conectadas a la red, a las viviendas con sus sistemas fotovoltaicos aislados. Y muchas, muchas reuniones con comunidades del Departamento de Cajamarca, uno de las más pobres de Perú. Aprendí mucho durante aquellas asambleas, y adaptamos el modelo a sus necesidades. De aquella época me han quedado muchos amigos peruanos. En 2009 empezamos a instalar los primeros sistemas fotovoltaicos. Los hechos eran el mejor argumento que teníamos y lo hicimos valer.

En el 2010, Perú publicó la regulación de la tarifa nacional para el suministro con sistemas fotovoltaicos aislados, lo cual permitía recibir los subsidios de la tarifa social, y, como consecuencia, viabilizar económicamente la iniciativa. Esto también permitió rebajar la cuota que estaban pagando los usuarios. Fue la primera tarifa nacional para suministro fotovoltaico aislado de toda América. Y ACCIONA Microenergía Perú el primer proveedor peruano del servicio público de electricidad exclusivamente con energías renovables.

Con ingresos casi garantizados, solicitamos y nos concedieron un préstamo de un millón de dólares, con la garantía del proyecto, para expandir el suministro a más comunidades, aumentar los ingresos

y así llegar al punto de equilibrio, conseguido en el 2013.

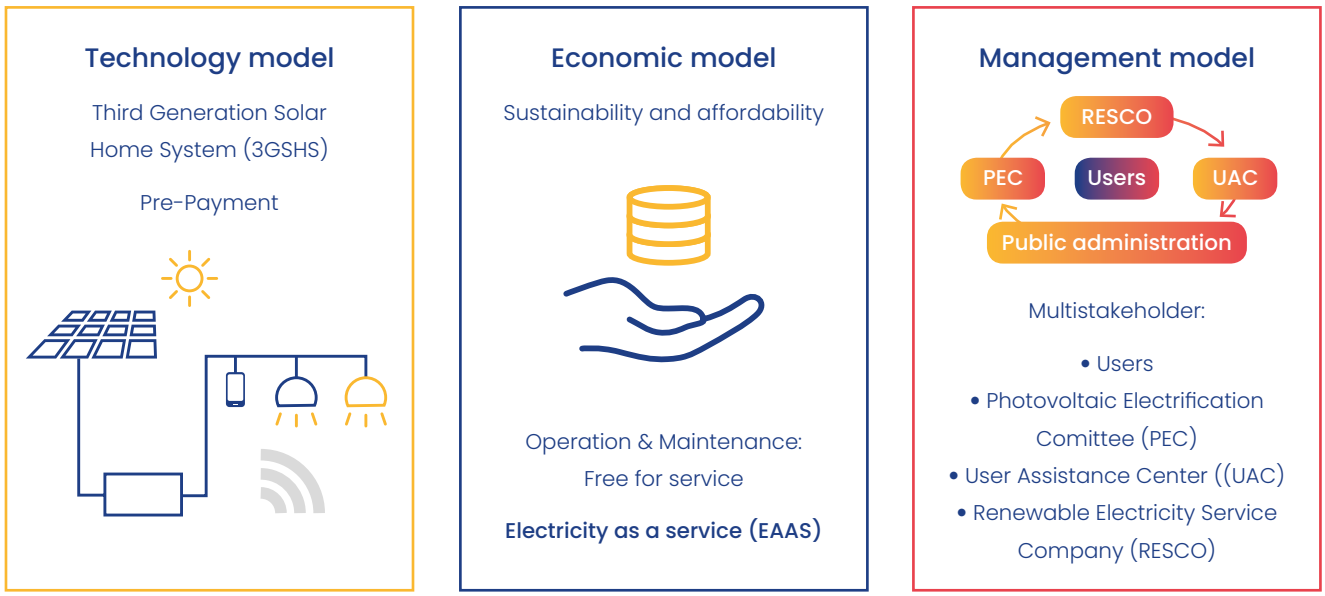
Con cofinanciación de la Agencia Española de Cooperación Internacional al Desarrollo (AECID) a través de los programas de Innovación, expandimos el modelo a las comunidades indígenas y de colonos de la selva amazónica más profunda en el Departamento de Loreto.

En el 2012 puse en marcha el modelo "Luz en Casa", con las adaptaciones pertinentes, en Oaxaca (México), y más tarde otros compañeros lo hicieron en las comarcas indígenas de Panamá. Desde hace unos años he estado tratando el implantar el modelo Luz en Casa en tres campos de refugiados en Tigray (Etiopía). Pero este proyecto se vio interrumpido súbitamente en 2020 por el conflicto armado desatado entre el gobierno de Tigray y el gobierno federal de Etiopía.

Actualmente las microempresas sociales creadas en Perú, México y Panamá suministran energía eléctrica, a unas 62.000 personas de comunidades rurales aisladas, se han creado pequeños negocios que venden equipos de consumo compatibles con los sistemas solares y los emprendedores trabajan en su mantenimiento por encargo de la microempresa social, y se ha dado la oportunidad a decenas de voluntarios de conocer una realidad que ignoraban.

Algunas consideraciones sobre los tres aspectos claves del modelo de suministro Luz en Casa:

Gráfico 1. Esquema del modelo de suministro "Luz en Casa"



7.1 LA TECNOLOGÍA.

El poder transformador de la tecnología se puede usar en favor de los más necesitados. Disponemos de tecnología para que de forma fiable y competitiva se pueda facilitar acceso a los servicios básicos de los más necesitados. En la energía eléctrica, la evolución en los paneles solares y en las baterías, en la eficiencia de los dispositivos consumidores (leds y electrodomésticos de alta eficiencia) y en la electrónica de control (tecnología de prepago Pay as You Go y sistemas de gestión de baterías-BMS), permite facilitar acceso eléctrico básico en los lugares más remotos y aislados.

7.2 LA ECONOMÍA.

Mientras que en los países desarrollados hay una clara tendencia a considerar los servicios básicos como tales y no como posesión de equipos (electricidad y telecomunicación como servicios, movilidad como servicio, etc.), en las comunidades rurales aisladas de los países en desarrollo, los que realizan proyectos tienden por el contrario a descargar en el usuario las funciones de operar, reparar, reutilizar y reciclar. Esto es un error conceptual que afecta a la sostenibilidad de los proyectos.

Las personas más pobres gastan una parte de sus

ingresos en conseguir acceso deficiente a los servicios básicos a un coste unitario mucho mayor que los más pudientes.

Los usuarios deben pagar por el servicio básico, ya que esto les empodera al permitirles exigir y reclamar la calidad acordada en el servicio. Pero las tarifas deben ser asequibles a su nivel de ingresos. Y por otro lado el proveedor del servicio debe ser viable económicamente, es decir, tener un nivel de ingresos que cubra todos sus costes. Este equilibrio se puede conseguir de diferentes formas, pero la forma más normal es mediante los subsidios, que deben focalizarse preferentemente en cubrir parte de los costes de operación y mantenimiento.

7.3 LA GESTIÓN.

El modelo organizativo o modelo de gestión es clave para el acceso a los servicios. En primer lugar, debe ser un modelo multiactor y colaborativo, donde los principales actores deben ser los propios usuarios del servicio.

El rol del Estado es primordial, creando un marco regulatorio adecuado que considere la provisión de los servicios básicos mediante modelos no convencionales, pero válidos para satisfacer necesidades básicas de sus ciudadanos más vulnerables.

Y el proveedor del servicio debe ser capaz de integrar todos los aspectos para asegurar su sostenibilidad, asumiendo y gestionando los riesgos inherentes a trabajar en "la última milla".

8. Conclusión

Vivimos tiempos de muchos cambios, muy intensos y acelerados, que ponen en riesgo la estabilidad económica y social. Afortunadamente, la tecnología nos puede ayudar cuando se aplica a resolver los nuevos retos ambientales y sociales con que nos encontramos. Y esa transformación debe llevarse a cabo de forma justa: sin dejar a nadie atrás, pues uno de los mayores retos a los que nos enfrentamos es el de la desigualdad en el acceso a los beneficios que el desarrollo económico y tecnológico proporciona. En esta ponencia se han recogido testimonios de compañeros que realizan su actividad profesional aplicando el poder de la tecnología a hacer realidad lo de "no dejar a nadie atrás", contribuyendo a una transformación más justa. Estos testimonios nos demuestran con realidades que es compatible una amplia actividad y desarrollo profesional ingenieriles, con un planteamiento enfocado a mejorar las condiciones de los más necesitados. Y no sólo es compatible, sino muy deseable en las actuales circunstancias de grandes desigualdades sociales.

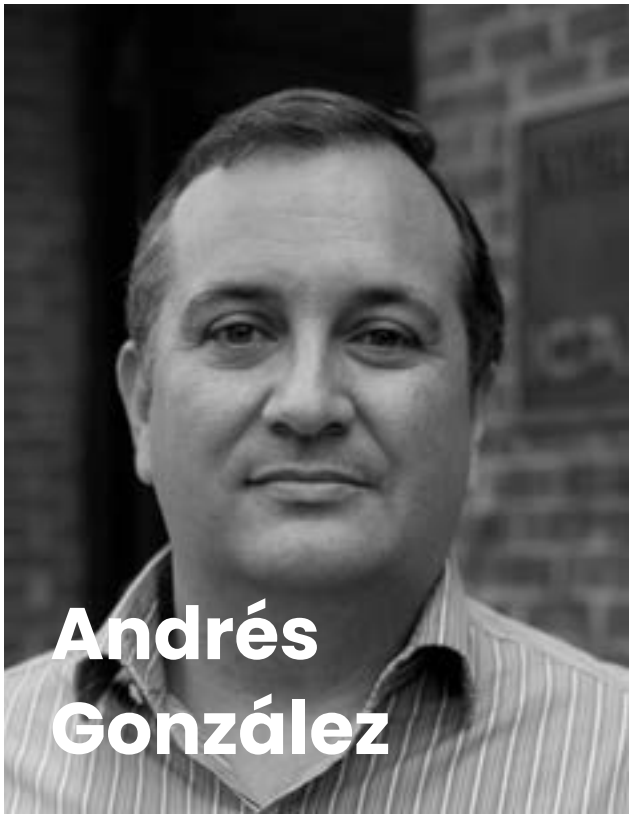
Ingeniería y sensibilidad social no son temas antagónicos, sino complementarios para una transformación justa. Los testimonios recogidos tratan de visibilizar el enfoque más social de la ingeniería para hacer llegar el mensaje, especialmente a los jóvenes profesionales, a los estudiantes y a los que están decidiendo su futuro profesional, del gran poder transformador de la ingeniería.

> *Ingeniería y sensibilidad social no son temas antagónicos, sino complementarios para una transformación justa.*

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresamos nuestro agradecimiento a cuantos compañeros nos han precedido, acompañado y aconsejado en las tomas de decisiones, y a los compañeros que desarrollan actividades similares en diferentes sectores. Y muy especialmente a un pionero en estas lides y que hoy no tenemos entre nosotros, nuestro amigo José María Arraiza (ICAI, 1963).

Julio
Eisman


Andrés
González

Jose Ignacio
Pérez

Isabel
Asensio

Álvaro
Guzmán

Clara
Pérez-Andújar

Raquel
de la Orden

Mesa 5 / Ponencia 3

TRANSICIÓN SOSTENIBLE Y DIGITAL EN EL SECTOR AGROALIMENTARIO

Diego Aranda Pérez. *CEO. GREENARTECH.*

Nicolás Aranda Pérez. *CTO. GREENARTECH.*

1. Introducción

A nivel global el incremento de población y la demanda de productos alimentarios crecerá de manera sostenida. Hasta ahora, la agricultura mundial ha sido capaz de responder a la demanda creciente de productos agropecuarios. Según la FAO, aunque la población mundial se duplicó entre 1960 y 2000 y los niveles de nutrición mejoraron notablemente, los precios del arroz, trigo y maíz (los principales alimentos básicos del mundo) disminuyeron del orden del 60 por ciento. La caída de los precios indica que, a escala mundial, los suministros no sólo crecen al ritmo de la demanda, sino que incluso lo hacen con mayor rapidez. Sin embargo esta situación es necesario un incremento de la producción manteniendo la sostenibilidad de los ecosistemas y la biodiversidad.

El reto se ha asumido desde la UE mediante la Estrategia de la Granja a la Mesa del Pacto Verde que fomenta que un 25% de la superficie agrícola sea ecológica en 2030, así como una disminución del consumo de los productos fitosanitarios. Por otro lado, el pilar I y II de la Política Agraria Común facilitan esa transición y el desarrollo de las zonas rurales.

La necesidad de garantizar una soberanía alimentaria y evitar los problemas de desnutrición para por un constante esfuerzo por parte de los países más desfavorecidos así como organizaciones internacionales y se corresponde con uno de los principales objetivos de desarrollo sostenible Hambre Cero.

Desde GREENARTECH contribuimos a ser motores del cambio mediante la innovación y el desarrollo tecnológico en diferentes áreas como son la economía circular de los subproductos de almazara, así como la automatización de labores agrícolas para la des-

carbonización, sostenibilidad y la transformación digital del sector.

Esta misión es fundamental para mantener el liderazgo tecnológico del sector agroalimentario español que cuenta con un alto grado de especialización y competitividad a nivel global. No hay que olvidar, que es el principal sector productor de empleo tanto a nivel nacional como europeo con un grado de expansión en zonas rurales contribuyendo a la fijación de población y empleo y con una fuerte presencia de PYMES. Siempre sin olvidar la #ingenieríaconpropósito que es seña de identidad de los ingenieros del ICAI.

2. Soberanía tecnológica e industrial

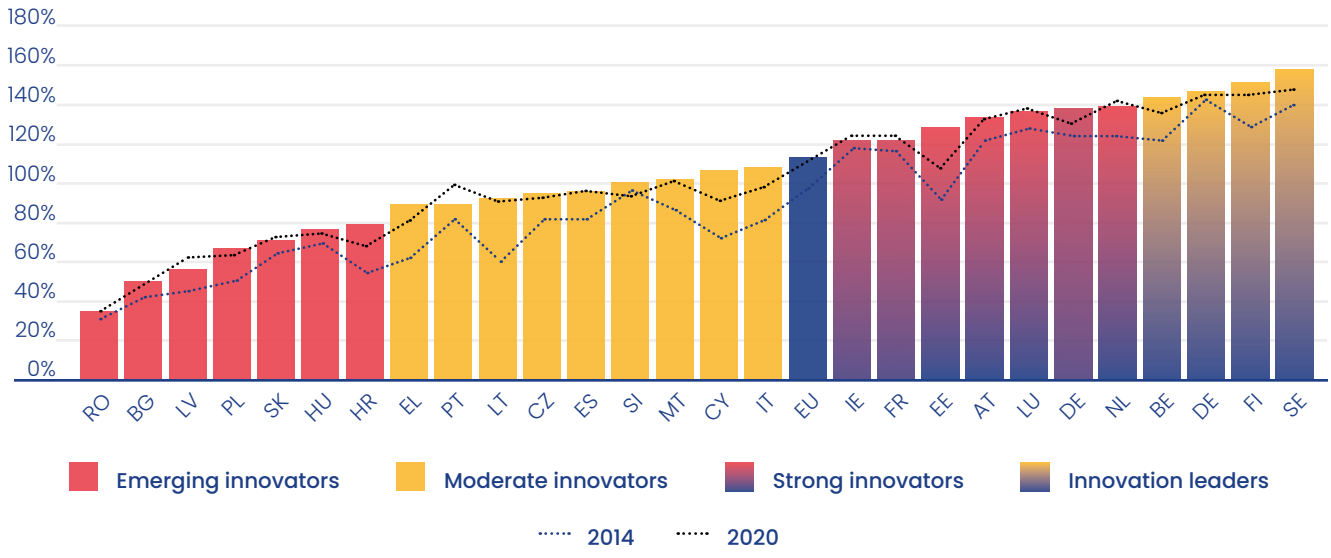
La reciente pandemia ha puesto de manifiesto la fragilidad de un sistema productivo dependiente de terceros países en áreas estratégicas tales como la fabricación, la salud y la alimentación así como la importancia de un sector público eficaz y fuerte que permita una política estructural cohesionada y en estrecho vínculo con los socios europeos.

También se ha servido para vislumbrar la necesidad de apoyar de una manera inequívoca la innovación y las herramientas para una adecuada transferencia tecnológica del tejido del conocimiento hacia el tejido productivo como base de una economía que permita la adaptación a las necesidades y que se adelante a las mismas de una manera continua.

Los cambios se producen cada vez de una manera más acelerada de ahí la importancia de tener un sistema que permita la permeabilidad, la comunicación entre distintos actores de la cadena de valor y el fomento del emprendimiento como forma de contribuir a la sociedad frente a un modelo rígido y basado en la economía del consumo que, sin perjuicio del valor que aportan deben ser equilibrados con nuevos vectores de mayor estabilidad y empleo.

Según el *European Innovation Scoreboard 2021* [1] España es un **país moderadamente innovador**, como indica el índice que analiza distintos parámetros como recursos humanos dedicados a innovación, atractivo de los sistemas de innovación, digitalización, financiación de apoyo a la I+D, innovadores, propiedad industrial y ventas, así como sostenibilidad entre otros. Como se aprecia en la gráfica estamos por debajo de la media de la UE y significativamente lejos de los líderes.

Gráfico 1. Grado de innovación de los Estados Miembros de la UE



Fuente: https://ec.europa.eu/docsroom/documents/46013

[1] https://ec.europa.eu/growth/industry/policy/innovation/scoreboards_en

En clave política sería necesario la búsqueda de pactos entre todas las fuerzas políticas que permita una continuidad estratégica, así como presupuestaria de una manera decidida, de esta manera se requerirían dos pactos que a continuación detallamos:

Pacto por la ciencia y Pacto por la industria

2.1 PACTO POR LA CIENCIA

Si bien es cierto que la ciencia en España tradicionalmente no se ha caracterizado por una política estable y son contados los ejemplos de éxito científico y constancia tales como, en el campo de la ingeniería, Torres Quevedo o Isaac Peral. Sí que es notable la sólida formación de la ingeniería en España e indudable el talento y la capacidad de los ingenieros para afrontar los grandes retos que nos depara nuestro tiempo.

> *...es notable la sólida formación de la ingeniería en España e indudable el talento y la capacidad de los ingenieros para afrontar los grandes retos...*

Baste recordar la reciente botadura del submarino S-80 llevada a cabo por un equipo multidisciplinar y transnacional capitaneada por Navantia o las grandes obras de ingeniería de infraestructura a nivel ferroviario (alta velocidad) o de construcción y de energía renovable donde nuestro país cuenta con buques insignia en la materia.

Es necesario más que nunca una apuesta decidida para que estos sectores puedan continuar siendo de vanguardia con una innovación estratégica continua articulada a nivel estatal y que promueva la creación de ecosistemas de innovación que permitan ser tractores de Pequeñas y Medianas Empresas dinamizando la economía en un círculo virtuoso.

Además de favorecer la ciencia aplicada y diseñar unas políticas que fomenten la transmisión de conocimientos para generar tejido productivo y la tercera misión de la universidad que permita la continua incorporación de los nuevos profesionales a distintos sectores al igual que favorezca que los profesionales puedan estar en las aulas discerniendo los campos de actuación y en continuo diálogo con el mundo académico. Son dos áreas cuya fructífera comunicación y colaboración puede dar lugar a grandes avances.

Frente a un sistema donde prevalezcan las publicaciones en grandes editoriales cuyos intereses son desconocidos y, probablemente, lejanos a los de nuestra economía. Debemos fomentar la innovación abierta, transdisciplinar e internacional que permita la participación de todos aquellos actores que busquen de una manera común el avance de conocimiento.

Otros países lo han entendido así y tienen sistemas de conocimiento muy vinculados al tejido productivo como el caso de Alemania con los Centros de I+D Fraunhofer, ¿podremos en España pensar como país de manera estratégica en ciencia? ¿Podremos incluir comités tecnológicos que permitan ayudar en la toma de decisiones?

Todas estas preguntas tienen una respuesta que no podemos renunciar a afrontar. Parte de estas las podemos encontrar en la Estrategia Española de Ciencia, Tecnología e Innovación 2021-2027[2] pero aún queda mucho camino por recorrer.

Además, se trata de asegurar la financiación pública a medio y largo plazo para converger con la media de la inversión pública a la I+D+I en la Unión Europa, con objetivos concretos en 2024 y 2030. Así como dotar de independencia y de los recursos y medios suficientes a las agencias financiadoras de la I+D+I, –la Agencia Estatal de Investigación (AEI), el CDTI y el Instituto de Saludad Carlos III (ISCIII)–. El pacto propone consolidar una carrera investigadora

[2] https://www.ciencia.gob.es/site-web/Estrategias-y-Planes/Estrategias/Estrategia-Espanola-de-Ciencia-Tecnologia-e-Innovacion-2021-2027.html

Gráfico 2. Estrategia Española de Ciencia, Tecnología e Innovación

Fuente: Secretaría General de Investigación, Ministerio de Ciencia e Innovación

pública estable y promover una mayor incorporación de personal científico en las empresas como prevé el anteproyecto de la, no sin polémica, nueva Ley de Ciencia.

2.2 PACTO POR LA INDUSTRIA

Es conocida la función de la industria como agente clave en la fijación de empleo de calidad como pueden ser los casos de la industria automovilística y la química. Es necesario continuar la senda de la fabricación como un elemento de cohesión, de estabilidad y de generación de riqueza siempre bajo los estándares de calidad y sostenibilidad necesarios.

La globalización y la búsqueda de precios más bajos han llevado a una economía ciertamente insostenible que se ha puesto más de relieve aún con la reciente pandemia. El emprendimiento en empresas *deeptech* tiene un impacto significativamente mayor en la economía frente a las meras aplicaciones digitales cuyo efecto multiplicador es relativo. Los ingenieros industriales tenemos una responsabilidad y conocimiento necesarios para ser agentes del cambio que permitan lograr la reducción de la dependencia remando hacia una dirección.

A través de colegios profesionales, de los institutos de ingeniería, de asociaciones de distinto tipo tenemos que promover y ser generadores de opinión formada en la sociedad de ahí la importancia de las comunidades que permitan visibilizar las acciones necesarias encaminadas al bien común y este congreso es muestra de ello.

Se han dado pasos como la iniciativa del Instituto de la Ingeniería de España[3], de la que hay que reconocer un trabajo continuo en el tiempo en defensa de este pacto que fortalecería el empleo y la estabilidad económica, y que por efecto de la pandemia se ha puesto realmente de relieve la necesidad de un fortalecimiento e impulso de la industria.

La colaboración público-privada debe ser más fluida y fomentar proyectos innovadores, los programas de compra pública que tan eficazmente se han llevado a cabo en otros países vecinos como Portugal. Los fondos NEXTGENERATION, constituyen una magnífica oportunidad para fortalecer y fomentar un sistema que genere oportunidades, surgen del convencimiento de la UE de que una transformación de nuestras economías es posible y, es necesario aprovechar el momento histórico que nos ha tocado vivir.

3. Reto demográfico y la España vaciada

En los últimos decenios, la cohesión territorial y social de España se ha visto condicionada por una crisis territorial derivada de un modelo que ha posibilitado la gradual concentración de servicios, actividad económica e inversión en las áreas urbanas y me-

[3] https://www.lamoncloa.gob.es/serviciosdeprensa/notasprensa/industria/Paginas/2021/220321-reyes-maroto_pacto.aspx

tropolitanas, lo que ha generado desigualdades territoriales estructurales que afectan a los municipios de menor población y ha dificultado el desarrollo económico y social y el bienestar de la población española.

Por un lado, se han intensificado los movimientos migratorios a las grandes ciudades y áreas metropolitanas con la consiguiente pérdida de población en amplias zonas, lo que ha derivado en déficits en los servicios públicos y falta de oportunidades de desarrollo de proyectos vitales. En especial, su menor accesibilidad dificulta la incorporación de sus habitantes y de sus estructuras productivas a una nueva realidad económica cada vez más dependiente del sector terciario y en la que la producción de bienes y servicios tiende a concentrarse de forma creciente en espacios geográficos reducidos, pero que acogen un porcentaje cada vez mayor de la población española y de la actividad emprendedora del país.

Según datos de Eurostat, la densidad de España en su conjunto se situó en 2020 en 93 personas por kilómetro cuadrado, por debajo de la media de la UE, de 117 hab./ km2, o de países como Francia (100 hab. / km2), Portugal (115 hab. / km2) o Alemania (232 hab./ km2). Es más, tomando como base para este análisis la actual organización municipal, los datos más recientes indican que los municipios de 5.000 o menos habitantes suponen, a 1 de enero de 2019, el 84% del total, si bien en ellos residen alrededor de 5,7 millones de personas, lo que supone el 12,12 % del total de la población española. Por este motivo, España se enfrenta desde hace ya varios años a un serio desafío de despoblación de grandes áreas de su territorio. Por otra parte, un número relevante de los municipios que cuentan entre 5.001 y 20.000 habitantes también presentan patrones preocupantes de despoblación. En concreto, a 1 de enero de 2019, existen en España un total de 889 municipios entre 5.001 y 20.000 habitantes; pero un 45,6% de ellos han perdido población en el periodo 2015- 2019 y en un 32,7% el porcentaje de personas con edad igual o superior a los 65 años supera la barrera del 20%.

La consecuencia de este cambio es que la actual estructura geográfica, demográfica y social de España se caracteriza por sus fuertes desequilibrios internos, la desigualdad de hecho para hacer efectivas las expectativas personales y profesionales de los ciudadanos, la dispersión territorial y las disparidades de desarrollo y bienestar. Además, estas circunstancias también han puesto de relieve las dificultades de abordar con su actual organización y funcionamiento administrativo los problemas derivados de una realidad compleja y expuesta a nuevos cambios que podrían en el futuro agravar aún más los problemas de desequilibro territorial y de igualdad de derechos para toda la ciudadanía del país, con independencia del lugar donde residan.

Esta realidad apunta la urgencia de desarrollar una política planificada, integrada y coordinada para la revitalización social, económica y medioambiental de estas zonas. Desde la perspectiva institucional, el sistema de distribución de competencias pone de relieve que corresponde a todas las Administraciones, cada una en su ámbito específico, la consecución de estos objetivos y el tratamiento y las respuestas al problema de los desequilibrios internos que causa la distribución territorial de la población en España, de modo que la solución a esta cuestión, y las actividades tendentes a paliar sus efectos negativos sobre la cohesión territorial y social del país requieren de una actuación concertada y de una estrategia compartidas en la que participen todos los niveles administrativos en conjunción con agentes sociales y los Grupos de Desarrollo Rural como dinamizadores de la innovación en el territorio.

4. Transición ecológica

La concienciación de nuestra sociedad hacia el medioambiente ha cambiado y los análisis realizados indican que los recursos son limitados y que vivimos en un ecosistema de frágil donde la acción de la humanidad genera desequilibrios que de no modificar afectará la "casa común".

En la Encíclica Laudatio Si el **Papa Francisco**, subraya la necesidad de eliminar las causas estructurales de las disfunciones de la economía mundial y corregir los modelos de crecimiento que parecen incapaces de garantizar el respeto al medioambiente. Estableciendo un diálogo con la política internacional, nacional y local, así como con la ciencia y hacia una visión integradora del ser humano.

La educación y espiritualidad ecológica como elementos esenciales para ser motores de cambio y

contribuir son aspectos que también se pone de manifiesto.

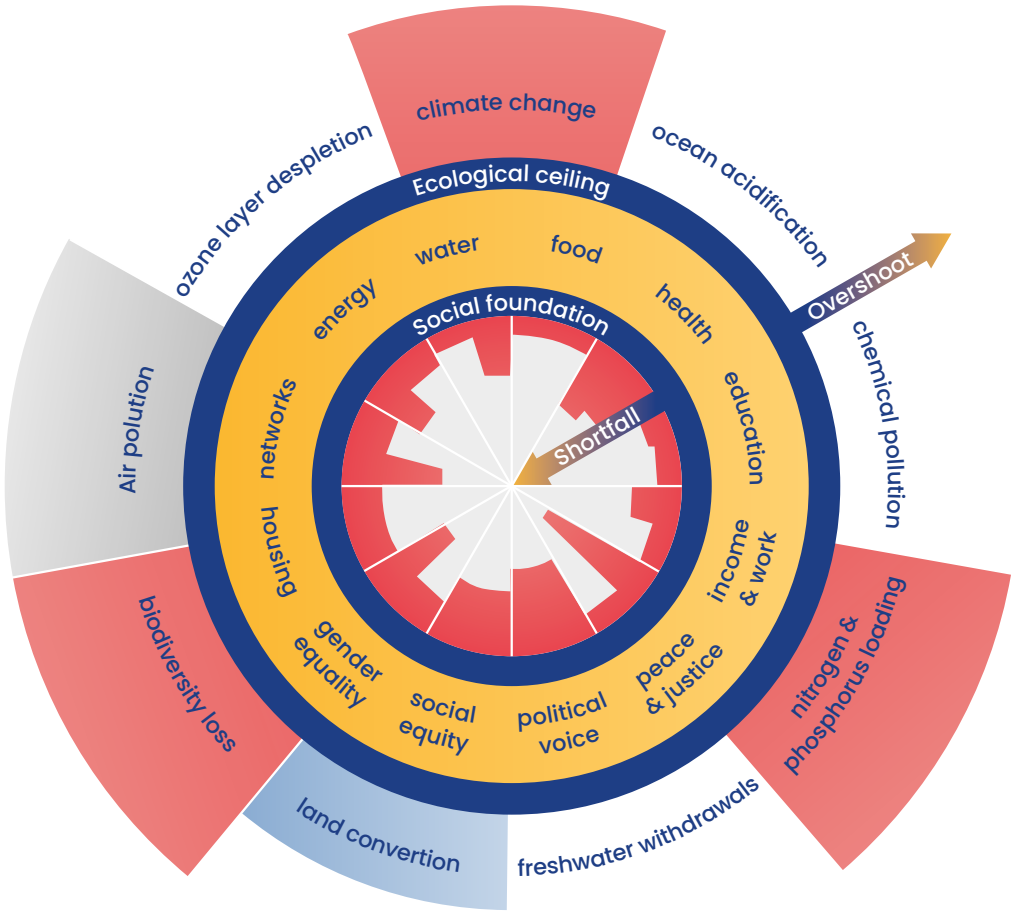
Por otro lado, diversos autores han continuado con la concienciación como es el caso de **Sir David Attenborough** uno de los exponentes que ha contribuido a lo largo toda una vida profesional a retransmitir los distintos ecosistemas y cómo estos han ido sido afectados por la acción humana. En su último documental **Una vida en nuestro planeta** pone de manifiesto como la Tierra está siendo afectada por el cambio climático y la contaminación ambiental por diversos sistemas productivos. Dejando abierta la puerta a la esperanza con los nuevos sistemas de generación de energía y economía circular.

Otros científicos pertenecientes a distintas entidades europeas como **Kate Raworth** economista de las Universidades de Oxford y Cambridge identifican la forma de no generar falta de cosas esenciales para la vida diaria mientras que se asegura que no se ejerce una presión sobre la Tierra.

Otros autores cuestionan si es posible la prosperidad sin crecimiento como el caso de **Tim Jackson**, profesor de Desarrollo Sostenible en la Universidad de Surrey que propone el cambio de economía de mercado de producción en masa a uno en el que predominara la producción y los servicios locales que serían menos intensivo en el uso de los recursos. Por último, **Abhijit Banerjee and Esther Duflo** ganadores del Premio Nóbel de Economía en 2019 señalan que un mayor Producto Interior Bruto no significa necesariamente un incremento del Estado de Bienestar.

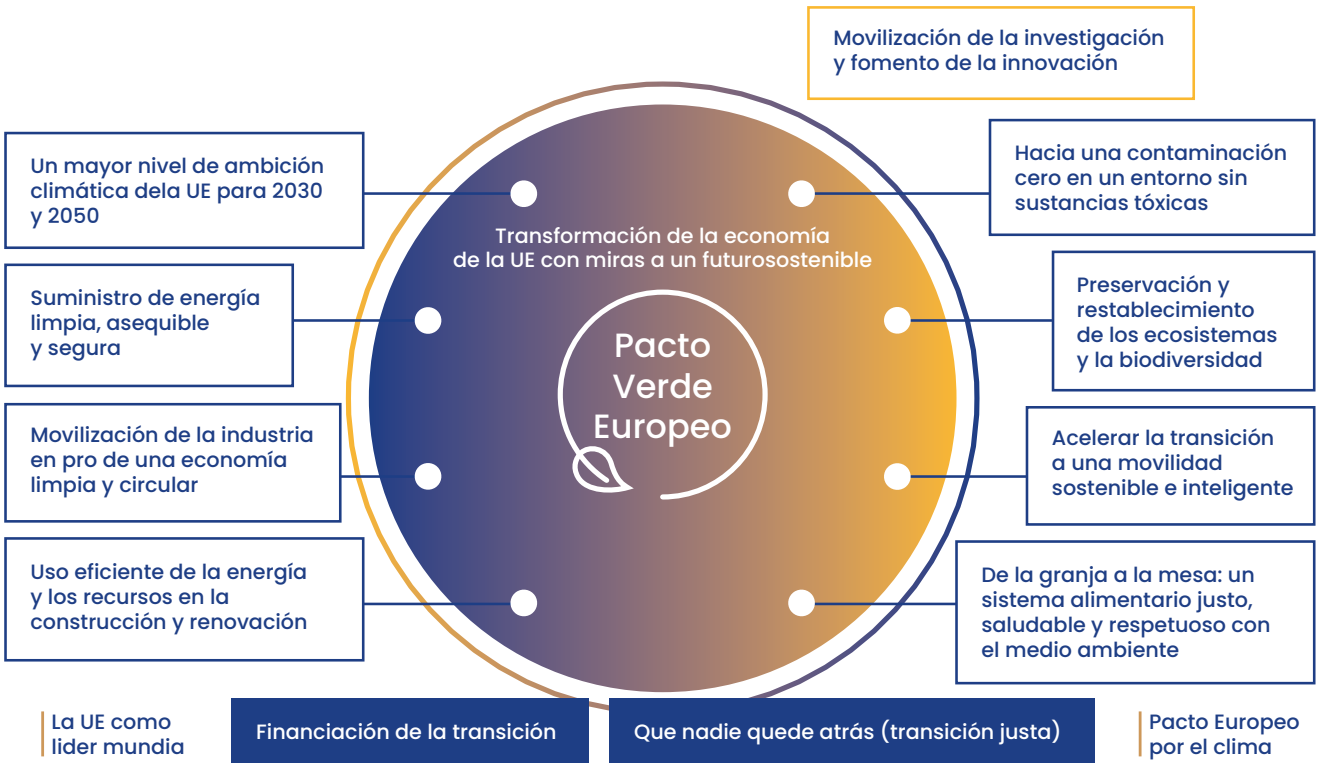
Estas aproximaciones, junto con el sentir de los ciudadanos, han llevado a los representantes políticos de la UE a dirigir las estrategias y financiación a una economía baja en carbono materializándose en el **Pacto Verde** la gran apuesta de la Comisión Europea hacia una transición ecológica donde se parte de que el cambio climático y la degradación del medioambiente son una amenaza existencial a la que se enfrenta Europa y el resto del mundo. Liderando el desarrollo sostenible y una oportunidad para situar a Europa con firmeza en la nueva senda de crecimiento sostenible e integrador.

Gráfico 3. Modelo de donut y social integral presentado por Kate Raworth



Fuente: https://www.kateraworth.com/doughnut/

Gráfico 4. Estructura Pacto Verde Europeo



Los ingenieros jugamos un papel fundamental hacia esta transición desde el diseño de tecnologías energéticas bajas en carbono, transporte sostenible, edificación de bajas emisiones y procesos productivos más de acuerdo con el medioambiente.

En particular en el sector agroalimentario, la **Estrategia de la Granja a la Mesa**, muy cuestionada desde las organizaciones profesionales agrarias supondrá un nuevo paradigma para una producción agroalimentaria sostenible y ecológica donde se disminuya sensiblemente el grado de uso de productos fitosanitarios, incrementándose prácticas que se verán apoyadas en la Política Agraria Común.

5. Transición digital

El cambio de paradigma con la revolución Industria Conectada 4.0 donde la digitalización juega un papel fundamental para mantener la competitividad a nivel internacional ha sido visto con claridad por los dirigentes y agentes económicos.

Acorde a esto la UE trabaja en una **Agenda Digital para Europa** que mantenga los niveles de acceso a redes de comunicaciones que favorezca la interconexión y el acceso a los datos, así como su procesamiento y análisis. No hay que perder de vista que las grandes corporaciones tecnológicas estadounidenses tienen carácter de tecnologías de la información y comunicación en sus diferentes vertientes. En Europa, no podemos perder tracción en estos ámbitos de conocimiento de ahí que se traslade a las políticas nacionales.

En el ámbito que nos ocupa la **Estrategia de Digitalización del Sector Agroalimentario y Forestal y del Medio Rural** busca reducir la brecha digital fomentando la equiparación entre las zonas rurales como urbanas y que haya conectividad para todos, así como fomentar el uso de los datos como impulso del sector y la interoperabilidad y apertura de los datos. Por último, el desarrollo empresarial y nuevos modelos de negocio son necesarios para construir y dar servicios en las distintas comunidades.

Desde distintas Organismos Públicos y Privados de Investigación e Innovación, así como empresas tecnológicas se trabaja en automatización de los procesos, la robótica, IoTF, sensórica próxima y remota para adaptación a técnicas menos dependientes de una labor intensiva en colaboración estrecha

con los agricultores y ganaderos que trabajan por un futuro donde el cambio generacional implicará nuevos paradigmas.

Terminar indicando que todo lo anterior está alineado con los Objetivos de Desarrollo Sostenible tan cruciales como Hambre Cero, Acción por el Clima, Vida de Ecosistemas Terrestres y Trabajo Decente o Educación de Calidad. El alineamiento con estos objetivos de manera coordinada entre los distintos agentes sociales y a nivel internacional propicia un objetivo común de dejar un mejor mundo a las generaciones venideras.

Gráfico 5. Estrategia Española de Ciencia, Tecnología e Innovación

Fuente: MAPA

6. Conclusiones

Los aspectos referidos están íntimamente relacionados y supondrían un impulso al desarrollo del sistema de conocimiento e industria, así como resultaría en una herramienta para luchar contra las fuertes tasas de desempleo que lastran el estado de nuestro país, así como una oportunidad para la denominada España vaciada.

Concluyendo tenemos una gran oportunidad para nuestro sistema productivo y es labor fundamental de los ingenieros trabajar por una nación más industrial, que genere oportunidades permitiendo una mayor igualdad y estabilidad que permita una economía más sostenible e integradora para las generaciones venideras. Nunca los ingenieros fuimos más necesarios y, no lo olvidemos con una visión integral y humana que nos inculcaron en el ICAI.

Gráfico 6. Objetivos de Desarrollo Sostenible

Libros y documentos

- Papa Francisco. "Laudatio Sí". Vaticano. Junio, 2015
- Kate Raworth. "Doughnut Economics". Londres. Junio, 2013
- Tim Jackson. "Prosperity without Growth". Surrey. Marzo, 2009
- Abhijit Banerjee and Esther Duflo. "Good Economics for Hard Times". Noviembre 2019

Artículos publicados en revistas o periódicos:

- Cassidy, John. "Can we have prosperity without growth?". The New Yorker. 10/02/2020

Nicolás Aranda

Nicolás Aranda Pérez es ingeniero industrial del ICAI de la promoción de 2010, MSc Sustainable Energy Futures por Imperial College desde 2012 y doctor en Ingeniería Química por la ETSI U.Sevilla desde 2016.

Ha desarrollado su actividad profesional en I+D durante toda su trayectoria en las Áreas de Energía, Medio Ambiente y Agroalimentación habiendo trabajado tanto en el sector público (Centro de Investigación de Recursos y Consumos Energéticos, Universidades de Córdoba y Sevilla) como en el privado (Enagás, Abengoa y Magtel).

Más recientemente, ha fundado junto con otro ingeniero del ICAI una empresa de desarrollo tecnológico y consultoría GREENARTECH, vinculada a la innovación en las áreas de transición energética, desarrollo sostenible y digitalización.

Diego Aranda Pérez es ingeniero industrial del ICAI de la promoción de 2011 y máster en Sistemas de Ingeniería e Innovación por Imperial College London.

Empezó su carrera en el International Institute of Applied Systems Analysis (IIASA) en Viena, trabajando con modelos matemáticos para el estudio del cambio climático. Posee una dilatada trayectoria en digitalización y automatización de sistemas donde ha trabajado para el Advanced Manufacturing Research Centre en Reino Unido liderando proyectos de innovación para Rolls-Royce, BAE Systems, McLaren, etc.

Adicionalmente, ha sido responsable del Área de Energía e Industria de una empresa andaluza de infraestructuras. Más recientemente, continúa su labor profesional fundando GREENARTECH una empresa dedicada a la sostenibilidad a través de sus tres divisiones de energías renovables, economía circular y desarrollo tecnológico.

Mesa 5 / Ponencia 4

AGUA, INGENIERÍA Y DESARROLLO

Juan Mateos Íñiguez. *Consultor especializado en agua y medio ambiente.*

1. Introducción

Esta **reflexión** y sus **conclusiones** están **basadas** principalmente en **mi experiencia** en la ingeniería y la gestión del ciclo urbano del agua.

En los más de 30 años desempeñando labores en esta actividad, he sentido de manera profesional, personal y muy emocional el **privilegio del agua** y la **puesta en servicio** a las comunidades. Pero también he experimentado la **rabia** o la **impotencia** por la dramática **falta** de este **servicio**, la lentitud o inoperancia en su implementación, el deterioro de la calidad, los desastres de la **escasez** o de la **inundación** y las injusticias derivadas de los **malos gobiernos** y las **malas prácticas**.

Quiero conducir la reflexión centrándolo en algo tan obvio como es el **carácter vital del agua**, que la convierte en algo básico y eje del desarrollo económico y social.

La **situación mundial** es alarmante. Todos los días escuchamos noticias sobre **inundaciones, sequías, contaminaciones**, falta de **acceso al agua**, y efectos del cambio climático en el equilibrio hídrico. Esta situación se da tanto en los recursos de **agua dulce** como en los **mares** y **océanos**, en las aguas **superficiales** y en las **subterráneas**.

Ese **carácter vital** y la no disponibilidad para **millones** de personas provocó su declaración como un **Derecho humano**, y que pasó a ser parte fundamental de los **Objetivos** de **Desarrollo Sustentable** de la **agenda 2030**.

Las **instituciones** y las **empresas** (públicas y privadas) que se dedican a la "industria" del agua han evolucionado mucho en los últimos años. Creo que ya no estamos catalogados como una actividad pasiva, anticuada, paternalista y poco tecnificada,

como así fue durante mucho tiempo. Hoy en día, el ciclo del agua y su gestión utilizan las **tecnologías** más modernas y sofisticadas, como cualquier **industria avanzada**.

Por todo ello, la Ingeniería y los Ingenieros del ICAI tenemos mucho que reflexionar y mucho que aportar.

2. El agua y los retos globales

No hay duda de que el agua está en el centro de los retos globales de hoy. Me centraré en el agua para uso de las poblaciones rurales y urbanas. Retos del mismo calibre se pueden analizar para las aguas de uso agropecuario e industrial, y para todos los recursos hídricos que se encuentran en la naturaleza; son medio vital para la flora y fauna del planeta.

Una **fotografía** parcial de la **situación** a nivel **global** es la que constata el informe 2020 de las Naciones Unidas (Fuente: ONU Agua):

- **3 de cada 10 personas carecen** de acceso a servicios de **agua potable** seguros y **6 de cada 10 carecen** de acceso a instalaciones de **saneamiento** seguras.
- **700 millones** de personas continúan la práctica insalubre de la **defecación al aire libre**.
- Las **mujeres** y las **niñas** son las encargadas de **recolectar agua** en el 80% de los **hogares sin acceso** a agua corriente.
- La **escasez de agua** afecta a más del **40%** de la **población mundial** y se prevé que este porcentaje aumente.
- **4000 millones de personas carecen** de acceso a servicios básicos de saneamiento, como **retretes o letrinas**.
- Más del **80%** de las **aguas residuales** resultantes de actividades humanas se vierten en los ríos o el mar sin **ningún tratamiento**.
- **Cada día**, alrededor de **1000 niños mueren** debido a **enfermedades diarreicas**.
- Las **inundaciones** y **otros desastres** relacionados con el **agua** representan el **70% de todas las muertes** relacionadas con desastres naturales.

No puedo en este momento zafarme de mencionar la **pandemia** de la **COVID-19**:

> La **pandemia** ha puesto de manifiesto la importancia vital del saneamiento, la higiene y un acceso adecuado a agua limpia para prevenir y contener las enfermedades. La **higiene de manos salva vidas**. La Organización Mundial de la Salud constata que el lavado de manos es una de las acciones más efectivas que se pueden llevar a cabo para reducir la propagación de patógenos y prevenir infecciones.

Considero que no es necesario entrar más en detalle los datos anteriores para darse cuenta de la **envergadura** de los **retos humanos** y **sociales** a los que nos enfrentamos.

Su relación con los problemas sociales y el desarrollo es evidente. Hay mucho que trabajar desde los países que estamos lejos de esos millones de personas afectadas. En España el acceso al agua potable y al saneamiento está universalizado, no pensamos en ello en nuestra vida cotidiana. No somos conscientes de que no contar con ese acceso trunca completamente el desarrollo personal, familiar, local, regional y nacional, en demasiadas partes del mundo. Probemos vivir 3 días sin agua en nuestras casas, y después compartimos la experiencia …

Propongo algunos **Marcos** y **Guías** de Referencia para acompañar la **reflexión**:

DE LOS DERECHOS, LEYES Y NORMAS. **EL DERECHO HUMANO AL AGUA.**

El 28 de **julio de 2010** la **Asamblea General de las Naciones Unidas reconoció** explícitamente el **derecho humano al agua y al saneamiento**, reafirmando que un agua potable limpia y el saneamiento son **esenciales** para la **realización** de todos los derechos humanos.

La Resolución **exhorta a los Estados y organizaciones internacionales** a proporcionar recursos financieros, a propiciar la capacitación y la transferencia de tecnología para **ayudar** a los países, en particular a los **países en vías de desarrollo**, a proporcionar un suministro de agua potable y saneamiento saludable, limpio, accesible y asequible para todos.

La ONU establece que "El derecho humano al agua es indispensable para una vida humana digna". Se define como el *"derecho de cada uno a disponer de agua suficiente, saludable, aceptable, físicamente accesible y asequible para su uso personal y doméstico"*.

El periodo **2005-2015** fue declarado por la ONU **"Decenio del Agua Fuente de Vida"**.

En el marco de las declaraciones, observaciones y resoluciones, la ONU trató de impulsar el desarrollo de las infraestructuras y los servicios de agua y saneamiento. Si bien hasta **2015** se constataron avances importantes, estos fueron claramente insuficientes e inaceptables. Por ello, en 2015, los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) evolucionaron a los **Objetivos de Desarrollo Sustentable (ODS)**.

Cuando la Asamblea de la ONU reconoció y promulgó en 2010 el derecho humano al agua y saneamiento me mostré crítico con este hecho y el gasto (en el sentido más amplio de la palabra) realizado para llegar a ello. Consideré que la resolución fue promovida durante años por Gobiernos demagogos, populistas, que utilizan el discurso y la propaganda para ignorar sus deberes y culpar a otros de sus carencias y miserias. Y creo que en parte ocurrió así. En países como España o Francia, no fue necesario realizar ese género de declaraciones políticas o institucionales para garantizar los servicios de agua a la población, salvo casos excepcionales. Es algo que no entra dentro de un debate lógico; es tan obvio como derecho que no merece la pena discutirlo. Tan sólo hay que cumplir con la tarea.

La instrumentalización política e ideológica de este Derecho tan esencial y evidente no hace más que retrasar la implementación de los mecanismos que logran realizarlo.

Sin embargo, reconozco que mi actitud crítica en aquel tiempo no me permitió ver con claridad que la **Resolución** se convertiría en un **instrumento** muy **útil.** Hoy soy muy partidario de las iniciativas a las que ha dado lugar.

La casi totalidad de los estados y gobiernos del planeta tienen los recursos suficientes para cumplir con este Derecho. No quiero decir que no sea necesario y deseable el apoyo de otros Estados y organizaciones internacionales hacia los "países en vías de desarrollo". Pero para que los **apoyos** y las **ayudas** técnicas y financieras sean realmente **eficaces y sostenibles** debemos ser conscientes del nivel de **voluntad y honestidad** de los gobiernos beneficiarios (y algunos benefactores), y perseverar en el intento de que los apoyos lleguen a la población, **minimizando** las **pérdidas** por el camino, y que el **resultado** sea **sostenible**.

Conozco bien el caso de **América Latina**, y puedo decir que todos los países tienen **riqueza** y **recursos** más que **suficientes** para proporcionar a la población servicios de agua y saneamiento de calidad aceptable. Se lograría con voluntad y honestidad. Hay algunos casos de éxito, pero muchos gobiernos tienen gran déficit de esas dos cualidades.

Dentro de la voluntad y la honestidad sitúo también la conveniencia y pertinencia de contar con el conocimiento y la experiencia de otros Estados, organizaciones internacionales y empresas que son capaces de estructurar y ejecutar proyectos de agua y saneamiento adaptados, sostenibles e integrales.

Los **conocimientos**, la **experiencia** y la **ejecución** deben **transferirse** con garantías de **desarrollo integral** de las comunidades y de **durabilidad**, así como cumpliendo las más estrictas reglas éticas y legales de las transferencias internacionales. Para ello existen, a nivel regional y local **leyes y normas** (en los países que conozco), que, si bien son mejorables, están vigentes y su cumplimiento permitiría avanzar con más rapidez y eficacia. Lamentablemente también sigue vigente el "hecha la ley hecha la trampa …". Por ello actualmente se realizan esfuerzos importantes en proyectos para mejorar la "**Gobernanza del Agua**" y su **regulación**.

Dicho lo anterior, es un hecho que la **Resolución** de **2010**, otras declaraciones y observaciones, y las leyes y normas derivadas, han contribuido a poner en marcha iniciativas y se han **logrado progresos importantes** en la implementación del **Derecho humano al agua**. Por un lado, porque se **incrementaron** desde entonces las **ayudas** de los Estados desarrollados, a través de las organizaciones internacionales de las que son socios, a través de las agencias de cooperación, o con ayudas directas. Por otro lado, porque los **gobiernos** de los países **beneficiarios** reciben una **presión social** cada vez más fuerte que reclama el cumplimiento del Derecho.

Ejemplo de la primera razón es **España,** que ha **contribuido grandemente** al ejercicio del Derecho Hu-

mano al agua, después de la Resolución de 2010 y desde mucho antes, por supuesto. Y lo ha hecho a través de las organizaciones de las cuales es miembro y asociado, como el Banco Mundial, el Banco Interamericano de Desarrollo o la Corporación Andina de Fomento (hoy Banco de Desarrollo de América Latina). También directamente a través de la Agencia española de Cooperación y su Fondo de Cooperación para Agua y Saneamiento (FCAS). El Estado español también ha contribuido con acuerdos bilaterales y ayudas directas de otra índole.

También tengo que señalar que, en el caso de **España**, la **iniciativa privada** ha **contribuido de manera significativa** al desarrollo de los servicios en el contexto explicado en las líneas anteriores. España cuenta con Empresas de notable conocimiento y experiencia, que están presentes en todo el mundo participando en proyectos de construcción de infraestructuras y gestión de abastecimientos.

Cabe señalar la multitud de **organizaciones no gubernamentales**, **fundaciones** y **empresas sociales** que intentan y consiguen en mayor o menor medida contribuir al ejercicio del Derecho Humano al agua. La **Fundación Ingenieros ICA**l es una de ellas.

Por último, debo mencionar que para que un **derecho** se realice y se ejerza de manera **sostenible**, debe ir acompañado naturalmente de sus correspondientes **obligaciones**.

Los servicios de agua en general, y el Derecho humano al agua y saneamiento en particular, han sufrido y sufren de una politización y una mediatización que contribuyen principalmente a poner obstáculos.

La implementación de proyectos de acceso al agua y al saneamiento deben integrar las obligaciones de los gobiernos y de los ciudadanos para garantizar la operación, el mantenimiento y la gestión patrimonial.

- La **obligación de los gobiernos** debe centrarse en establecer las políticas, modalidades **de gestión y la regulación**.
- La **obligación básica de los ciudadanos** es **contribuir** a los costes asociados al servicio, a través de las **tarifas** correspondientes.

Tanto gobiernos como ciudadanos deben contribuir al cuidado del agua y al medio ambiente, a través del buen uso de los recursos.

La obligación de los ciudadanos está implícita en la Resolución de las Naciones Unidas cuando señala que se debe proporcionar un suministro "asequible". En estos tiempos de gran escándalo y debate por las tarifas de la electricidad se podría reflexionar también sobre las del agua.

Para solucionar controversias y contribuir al acceso al agua, se debe desarrollar una Gobernanza transparente y eficaz, un sistema regulatorio y contratos que sigan las reglas.

LA AGENDA 2030, LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE (ODS) Y EL AGUA.

Segundo marco de referencia que propongo, la Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sustentable (ODS) son la iniciativa impulsada por Naciones Unidas para dar continuidad a la agenda de desarrollo tras los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) del año 2000. Los ODS se aprobaron en septiembre de 2015.

Son **17 objetivos y 169 metas**, que incluyeron nuevas esferas prioritarias, como el cambio climático, la desigualdad económica, la innovación, el consumo sostenible, la paz y la justicia.

La Agenda lleva por título: **"Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible".**

Muchos estamos ya familiarizados con la "rueda" que representa los 17 objetivos.

La Agenda entró en vigor el **1 de enero de 2016**. Ya han pasado 6 años, y es tiempo de analizar avances y proponer mejoras.

Considero importante mencionar algunos de los **17 objetivos**. Veremos cómo los ODS, en mayor o menor medida, están **relacionados** con nuestros Retos y nuestros Objetivos entorno al Agua:

- Objetivo 1: Poner fin a la **pobreza**.
- Objetivo 2: Poner fin al **hambre**.
- Objetivo 3: Garantizar una **vida sana** y promover el **bienestar** para todos.
- Objetivo 4: Garantizar una **educación** inclusiva, equitativa y de calidad.
- Objetivo 5: Lograr la **igualdad** entre los géneros.
- Objetivo 6: Garantizar la disponibilidad de **agua y saneamiento** para todos.
- Objetivo 7: Garantizar el acceso a una **energía** asequible, segura, sostenible.
- Objetivo 10: Reducir la **desigualdad** en y entre los países.
- Objetivo 13: Adoptar medidas urgentes para combatir el **cambio climático** y sus efectos.
- Objetivo 14: Conservar de forma sostenible los **océanos, los mares y sus recursos**.

El agua está en el centro de (casi) todo. Tan sólo pongo algunos ejemplos y dejo el resto para la reflexión del lector:

> La falta de **agua** es síntoma o causa de **pobreza** (Objetivo **1**),

> el agua es el primer **alimento esencial** para vivir y sobrevivir (Objetivo **2**),

> la carencia de agua la sufren más **niñas y mujeres** en los países pobres (Objetivo **5**),

> son múltiples los **nexos** entre **agua y energía** (Objetivo **7**).

Pienso que los **ODS** son ampliamente conocidos, aunque sea de manera general y conceptual. Sin embargo, debemos **mejorar** su aplicación y **mejora continua**, tanto en la definición de objetivos como su consecución. Lo que no se mide es difícil mejorarlo, por ello siempre estaré de acuerdo en establecer objetivos, indicadores y metas.

Podemos estar más o menos de acuerdo con esta iniciativa, con la agenda 2030, con su gobernanza, con sus miembros, con las contribuciones y con el progreso logrado, pero no debemos imaginar ni crear instrumentos distintos, ni nuevos ni reaccionarios, que dispersen nuestra acción colectiva o individual. Aprovechemos el camino andado y luchemos por limpiarlo, mantenerlo y mejorarlo.

Muchos **países**, **instituciones** y **empresas** han **aceptado la iniciativa**, por convicción, por conveniencia o por obligación. El compromiso y las contribuciones son diversas y con diferentes grados de importancia.

Muchas **Empresas** adoptan los **ODS** como **guía** principal para conducir sus programas de responsabilidad social (**RSC**), y miden su contribución a partir de diferentes objetivos e indicadores.

- **Nuestro Objetivo 6: Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos: la referencia más concreta.**

Bien podría ser el Objetivo 1, pues como se suele decir, "sin agua no hay vida". Puede que sea algo de deformación profesional, pero no tanta …

Algunas metas y objetivos para 2030 del 6, resumidamente son:

- Lograr el **acceso universal y equitativo** al agua potable a un **precio asequible** para todos.
- Lograr el **acceso a servicios de saneamiento e higiene** adecuados y equitativos para todos y poner fin a la defecación al aire libre.
- Mejorar la **calidad** del agua reduciendo la **contaminación** por vertidos.
- Aumentar considerablemente el **uso eficiente** de los recursos hídricos en **todos los sectores** y asegurar la sostenibilidad de la extracción y el abastecimiento de agua dulce para hacer frente a la **escasez**.
- Implementar la **gestión integrada** de los **recursos hídricos** a todos los niveles.
- Proteger y restablecer los **ecosistemas** relacionados con el agua, incluidos los bosques, las montañas, los humedales, los ríos, los acuíferos y los lagos.

Para todos los **objetivos** se han definido **indicadores y metas**. A nivel global ha habido avances sustanciales en la ampliación de los accesos al agua potable y al saneamiento básico, pero todavía existen miles de millones de personas, principalmente en áreas rurales y periurbanas, que carecen de estos servicios básicos.

¿Qué nos dice, entre otras cosas, el **Informe 2020** de **avances** con respecto al Objetivo 6?

Nos dice que no estamos en el buen camino para cumplir con el Objetivo.

- Más de **2000 millones** de personas (el 26% de la población mundial) todavía viven **sin** un **sistema seguro** de **agua potable**).
- Más de **3600 millones** (el 46 % de la población mundial) **no** tiene un **sistema seguro** de **saneamiento básico**.
- Más de **2300 millones** de personas (el 29% de la población mundial) **no** tienen en casa un **sistema** de **lavado de manos** básico, con **agua y jabón**.

  Para alcanzar la meta global de acceso universal en 2030 se necesita cuadruplicar los indicadores de avance. Y nos quedan menos de 10 años … Vamos mal.

- **El 44%** de las **aguas residuales vertidas** desde los hogares **no son tratadas de manera segura**.

También nos dice que no tenemos datos, ni buenos ni suficientes, de muchas regiones del mundo. Y cuando no se tiene la información puede sospecharse que la situación es aún peor que lo que se puede constatar en regiones comparables donde sí existe la información.

Desde mi punto de vista, la **ONU** tiene muchas **carencias** y la **comunidad internacional** tiene en su debe **fracasos** que constatamos a diario. No por ello puedo dejar de reconocer y poner en valor aquello que sí contribuye a la paz y el desarrollo de los pueblos y regiones del mundo. Mi reconocimiento a la agenda 2030 y los ODS por su valiosa contribución.

Ahora bien, para que alcancemos metas debemos ser conscientes que la ONU tiene unos límites muy frágiles y que es la responsabilidad de cada país, cada región, cada comunidad, cada individuo, …, realizar las acciones necesarias al cumplimiento de las metas. Por ello debemos subirnos al tren de las acciones en nuestro propio entorno y contexto.

Para coadyuvar a ello y como consecuencia de los Informes de avance, tan desalentadores, los equipos de ONU Agua nos proponen desde julio de este año 2020 un **Marco de Aceleración global** para nuestros objetivos en agua y saneamiento.

Se trata de una iniciativa que apunta a alcanzar resultados rápidos en mayor escala. Forma parte de la "**Década de Acción**" del Secretariado General de la ONU para alcanzar las metas en 2030.

El Marco se compone de **5 aceleradores**:

1) **Finanzas,** optimizarlas es esencial para obtener los recursos necesarios para cada plan nacional.
2) **Información y Datos,** que apuntan a los recursos y miden los avances.
3) **Desarrollo de capacidades, para** mejorar los niveles de servicio, crear más puestos de trabajo y retenerlos en el sector.
4) **Innovación**, para mejorarla gestión de los recursos y la prestación de los servicios con prácticas y tecnologías nuevas e inteligentes.
5) **Gobernanza**, para lograr que el ODS 6 sea tarea el interés de todos.

Estos aceleradores no son **ninguna novedad**, podríamos debatirlos y ajustarlos, pero ¡no hay tiempo!; y tienen el **valor** de ser **herramienta de trabajo** para todos. ONU-Agua pone a nuestra disposición un instrumento para promover, compartir y registrar nuestras acciones en pro de las metas del agua.

LA REFERENCIA COMILLAS Y EL ICAI.

Es una referencia, una guía y un apoyo para nuestros propósitos. No solo por la excelencia académica y profesional que nos ha brindado y que continúa ofreciendo a las nuevas generaciones, sino por la visión integradora que agrega al conocimiento, a través de la alimentación del humanismo cristiano y el aspecto fuertemente social que nos impregna.

Para mí es importante tenerlo presente en nuestro diario profesional y personal y nos ayuda a integrar el desarrollo social en nuestras empresas.

Debemos reconocer y promover las iniciativas, y animar a Colegio, Asociación y Fundación para que prosigan la labor junto a la Universidad.

LAUDATO SI'. SOBRE EL CUIDADO DE LA CASA COMÚN. EL ALEGATO "ECOLOGISTA" DEL PAPA.

A mí me ayuda como inspiración, guía y referencia. Recomiendo su lectura para la reflexión.

Es la Carta Encíclica escrita por el Papa Francisco en 2015, Ya han pasado 6 años (los mismos desde el

establecimiento de los ODS) y, por supuesto, su vigencia es plena en este 2021.

La dirige a *"cada persona que habita en este planeta"*, y nos anima a *"atrevernos a convertir en sufrimiento personal lo que le pasa al mundo, y así reconocer cuál es la contribución que cada uno puede aportar"*.

Francisco aborda ***"La cuestión del Agua"*** en el 1er capítulo de la encíclica, justo después del clima y la contaminación. Ello refleja el **orden de prioridad**. Ciertamente el ciclo del agua es inseparable de estos dos grandes temas del **clima** y la **contaminación.**

Recuerda el Papa que *"el acceso al agua potable y segura es un derecho humano básico fundamental y universal, porque determina la sobrevivencia de las personas, y por lo tanto es condición para el ejercicio de los demás derechos humanos"*.

La encíclica está alineada con las Naciones Unidas, pero agrega otros aspectos que van desde el evangélico hasta la educación y espiritual ecológica, pasando por un tema que me parece muy interesante: **la ecología integral**, donde añade al triángulo de la **sostenibilidad** (ambiental, económico y social), la ecología **cultural,** de la **vida cotidiana**, el principio del **bien común** y la **justicia** entre las **generaciones.**

Hay otros marcos, guías de referencia, visiones y valores en los que nos podemos apoyar para desarrollar esta reflexión. Creo que los elegidos son necesarios y suficientes para definir y explicar lo que podemos plantear y cómo contribuir, en el contexto limitado de una ponencia y de la actualidad.

3. La ingeniería, la tecnología y la digitalización en el ciclo del agua

Planteados y comentados los contextos, guías y referencias en los que podemos situarnos, llego a uno de los dos puntos centrales de la reflexión.

Ilustraré **cómo contribuye la Ingeniería en cada estadio del ciclo del agua y en su conjunto**, para garantizar el suministro, mitigar el cambio climático y adaptarse a los efectos de este, optimizar el consumo de agua, reducir, reciclar o reutilizar las aguas y sus subproductos.

El origen y experiencia de los operadores de agua se situó en el pequeño ciclo del agua, básicamente el ciclo urbano. No olvidamos el gran ciclo.

La Ingeniería contribuye en todos los estadios de ambos Ciclos. Como no podemos abarcar

todo en esta reflexión, recorramos el "pequeño ciclo del agua" urbana:

Gráfico 1. El gran ciclo del agua y el pequeño ciclo del agua.

Fuente: SUEZ

Gráfico 2. Ilustración de Agua Eco social.

Captación (1), Potabilización o tratamiento (2), Almacenamiento (3), Distribución (4), Consumo (5), Alcantarillado (6), Depuración (7), Reutilización (8) Retorno (9)

En **cada etapa** del ciclo, los **ingenieros** ponemos en marcha nuestra capacidad de **análisis** de **cantidad** y **calidad** de agua disponibles con las diversas **técnicas** y **tecnologías** de medición **hidráulica** y mecánica de fluidos, **instrumentos** de análisis de **parámetros** físicos, químicos y biológicos, **infraestructura** civil, **equipos** electromecánicos de **bombeo**, instalaciones de **energía**, válvulas diversas de **operación** y **control**, sensores, transmisores de la información, etc. El manejo de la cantidad, la presión y la calidad del agua se realiza en todo el ciclo. Dichas **infraestructuras e instalaciones** se integran y hoy en día se parecen mucho a cualquier **instalación industrial compleja** de producción.

Es muy importante, desde el punto de vista de la Ingeniería, ser competente para gestionar todo el **ciclo de vida de un Proyecto** de agua: desde su concepción, diseño y construcción, hasta su operación y mantenimiento, la gestión del patrimonio y la vida útil de los activos.

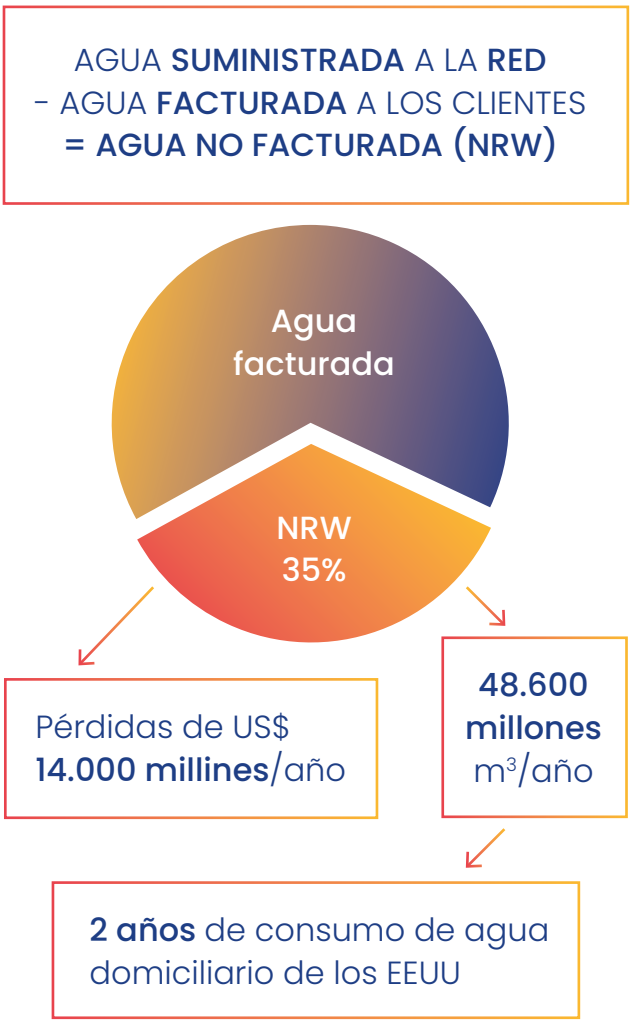
En el caso del **abastecimiento** de agua a las **ciudades**, el sistema hidráulico constituye el **corazón**, las **arterias**, las **venas** y todos los órganos de limpieza, depuración y evacuación. El oficio del prestador de servicio de aguas es el oficio más ciudadano que existe, aparte de ser el más esencial, estamos insertos en toda la malla urbana y social.

Siempre comento que, la operación de sistemas de agua, pieza a pieza, componente a componente, no entraña una dificultad mayor, pero el conjunto de piezas y componentes constituyen un rompecabezas complicado y apasionante, que hay que construir y cuidar con perseverancia para lograr una visión integral.

Los ingenieros **contribuimos** a asegurar la **continuidad** del suministro, garantizar la **calidad** del agua, optimizar los **consumos** de **agua** y **energía**, reducir las **pérdidas** de agua y energía, en cada una de las etapas del ciclo que he descrito sucintamente.

No es posible describir todos los procesos y el cómo se manejan en este documento. Por ello ilustraré dicha contribución con un ejemplo que me parece de los más interesantes e importantes en la gestión del ciclo del agua: **La reducción del agua no registrada y/o no facturada** (o el "agua que no genera ingresos").

Gráfico 3. Balance de pérdidas a nivel mundial.



Fuente: SUEZ, 2017

En términos de volúmenes o en términos económicos es algo insostenible.

¿Qué industria se permite tener un rendimiento del 65% en sus recursos?

Las **pérdidas reales o físicas** son las provocadas por **fugas** visibles e invisibles en las redes (tuberías) de transporte y distribución, incluidas instalaciones de riego o contra incendios, así como las pérdidas por roturas o reboses en las estructuras de almacenamiento y regulación.

Las **pérdidas comerciales** son las pérdidas **aparentes** provocadas por errores, defectos y averías en los contadores, los errores de lectura y facturación, los fraudes y acometidas clandestinas, y las carencias del padrón de consumidores.

¿Cómo contribuimos los Ingenieros a reducir y optimizar las pérdidas?

Primero, identificando los objetivos, que pueden ser:

a) Conservar los **recursos naturales**.

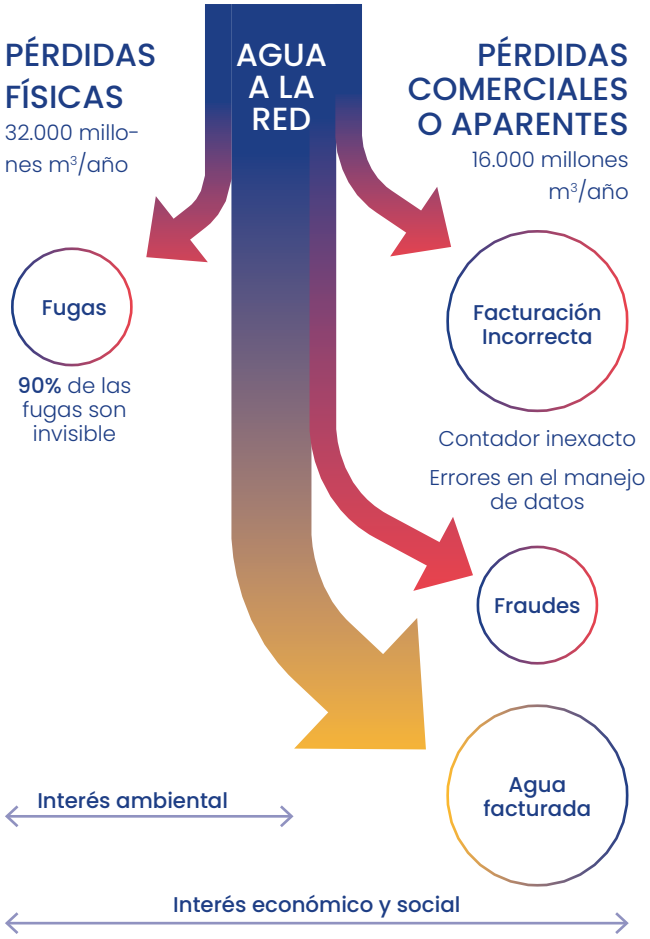
b) Mejorar el **acceso**, la **calidad** de los servicios y la **satisfacción** de los consumidores.

c) **Reducir** los **costes** y **optimizar** los **ingresos**, viabilizando así la prestación de los servicios.

Reduciendo las **pérdidas** físicas contribuimos a la conservación de los **recursos naturales** ya que ahorramos energía en bombeos, producción y tratamiento. Disminuimos la **huella de carbono** porque utilizamos menos energía, menos productos químicos y materiales más sostenibles. Alargamos la **vida útil** de los **activos** de la red. Y, por supuesto, reducimos el agua **malgastada** con la eliminación de fugas.

Reduciendo pérdidas físicas y comerciales, mejoramos el **acceso**, la **calidad** de los servicios y la **satisfacción**, ya que somos eficaces y eficientes en la

Gráfico 4. Los factores de pérdidas



Fuente: , SUEZ 2017 y elaboración propia

operación de redes, reduciendo así los daños, las interrupciones y las molestias.

Reduciendo las pérdidas físicas y aparentes contribuimos a la **viabilidad económica** de los servicios, ya que se reducen los costos mencionados como energía, y químicos, y se incrementan los ingresos con una facturación exacta, y la disminución de fraudes y consumidores desconocidos.

Segundo, aplicando nuestro conocimiento y saber hacer en el **rendimiento de las redes**, saber hacer que se basa en 3 elementos clave:

- Un enfoque **holístico**: No solo se trata de reparar fugas; la mejora de la eficiencia necesita tratar el desempeño integral de la compañía.
- **Coordinación**: Entre las diferentes unidades de actividad (**gestión, técnicas, financieras**, ...).
- Una **experiencia** capitalizada: Para llevar a cabo un plan de acciones a través del conjunto de los procesos de rendimiento de las redes, desde el análisis hasta la implementación de las tecnologías, técnicas y herramientas pertinentes.

Tercero, el ciclo que gestionamos comienza y continúa con la realización y actualización de un diagnóstico y un plan adaptado. En este estadio se realizan acciones como la **cuantificación** de las pérdidas, la identificación de las **causas**, la previsión de volúmenes a recuperar y la definición del plan de acción que equilibra **inversiones**, costes de **operación** con **calidad** y **sostenibilidad** del servicio. Para asegurar la implementación efectiva del plan, desplegamos nuestra pericia **técnica** y **gerencial** en gestión de proyectos, **monitoreando** y **analizando** regularmente el desempeño y rendimiento del sistema y pilotando la **gobernanza** del plan.

En este capítulo utilizamos técnicas y herramientas como **modelos** y **software** de soporte a las decisiones, caracterizando así las pérdidas y la condición de las instalaciones y equipando las redes de **sensores**, mecanismos y componentes de **emisión** y **recepción** de las principales variables (como caudales y presiones). Empezamos a mencionar, casi sin quererlo, las actividades de **digitalización** como soporte a la gestión.

Cuarto, nos ponemos manos a la obra para **gestionar el sistema**, convirtiendo nuestras redes en r**edes inteligentes** para una operación en **tiempo real.** Para ello, abordamos la comprensión de los flujos a través de **sistemas** de **información** geográficos y modelos hidráulicos, implantamos una **sectorización** adecuada de las redes para compartimentarla en partes controlables. Al mismo tiempo, **equipamos la red** con componentes inteligentes, como sensores acústicos, de flujo o de presión, y válvulas reguladoras de presión; todos ellos vinculados al sistema de información geográfico. La información captada por todos los componentes se **tele transmite** para su recepción y **explotación**.

Así, el conjunto de redes, sectores y equipamientos se pilotan a través de **plataformas de operación y monitoreo** a **distancia** y en **tiempo real**, que ayudan o automatizan las decisiones para detectar y resolver anomalías.

Quinto, gestionamos las **fugas** (las **pérdidas físicas**), mejorando su detección y haciendo **reparaciones sostenibles**. Para ello, seleccionamos y utilizamos las **herramientas y técnicas de detección y localización** adaptadas a cada red de aguas, y que limitan las molestias y afectaciones a la infraestructura, como por ejemplo los **gases trazadores** o los **sistemas acústicos.** Las diversas técnicas se conectan e interactúan con las diferentes plataformas digitales, principalmente los sistemas de gestión de activos.

Sexto, realizamos la **gestión de los activos** (tuberías, válvulas, caudalímetros, depósitos, sensores, ...), analizando y evaluando la condición de las redes de agua para alargar su vida útil y optimizar las inversiones. Para ello elaboramos un plan que comprende desde el diagnóstico regular de las tuberías con técnicas de **radiografía** estructural y **análisis** histórico de **datos.** El diagnóstico da lugar a un plan que prioriza las **renovaciones o rehabilitaciones** y optimiza las **inversiones** asociadas. Por otro lado, se seleccionan los **materiales** y técnicas mejor adaptados para renovar las redes, materiales de fabricación y operación sustentables y **técnicas** lo menos intrusivas posibles como la instalación de tuberías sin abrir zanjas o la limpieza de estas con fluidos especiales.

Séptimo, pilotamos la **gestión** con los **clientes** y consumidores, con el objetivo de mejorar la satisfacción con el servicio y optimizar los ingresos. Esto abarca desde la gestión de una base de datos de clientes (CRM) hasta la implementación de contadores inteligentes tele gestionados.

Octavo, y no menos importante, contribuimos a la **transferencia de conocimientos y "saber hacer"**, interna o externamente a nuestras organizaciones, según los casos, con enfoques, metodologías y herramientas adaptados e integrales, que desembocan en acciones de formación, acompañamiento, talleres, etc.

Espero que esta ilustración haya servido como buen ejemplo de nuestra contribución ingenieril.

La **digitalización** está **plenamente presente en la industria del agua** y la gestión de sus ciclos. Si bien es cierto que las brechas en este campo son enormes entre los países más avanzados y los países en vías de desarrollo, cada vez se utiliza más en éstos como **coadyuvante** y **catalizador** en el **acceso** a los servicios.

La **digitalización** genera un nuevo paradigma en nuestras vidas. Todos los ámbitos de nuestro día a día están cambiando con las nuevas tecnologías, aportando valor, pero, sobre todo, se trata de un **camino** sin retorno que puede y debe contribuir a la **sostenibilidad**.

Desde la **tele lectura** o **contadores inteligentes**, pasando por el **IoT**, y la **conectividad**, la inteligencia artificial y el "machine learning", el "big data", el "cloud computing", los **gemelos digitales**, las **plataformas** integradoras y las **redes sociales**, todo este universo de tecnologías y herramientas son utilizadas en el manejo de ciclo del agua como en cualquier industria avanzada.

Estas tecnologías deben formar parte de nuestra pericia como **ingenieros** e **integradores**, ya que se revela imprescindible para la optimización de los procesos, y para controlar la cantidad inmensa de datos y variables.

Y todo ello es **válido** y **necesario** para contribuir a las **metas** de **acceso** al agua y saneamiento. En cada país o región se adapta la transformación digital al momento; **incluso en los países más rezagados la digitalización llega antes que los tubos**, y se convierte en una corriente que hay que saber canalizar y utilizar como acelerador.

El Ingeniero también sabe y debe actuar para que cada proyecto de suministro de agua y saneamiento se integre en el contexto existente de manera que forme parte integral de un entorno. Muchos **proyectos de cooperación y desarrollo** fracasan porque se priorizan la urgencia y la prontitud en realizarlos, antes que la **permanencia en el tiempo** de estos. Desde el punto de vista técnico, esto significa que los ingenieros deben diseñar y ejecutar las soluciones adaptadas a las circunstancias socioeconómicas de la población objetivo y a los sistemas e infraestructuras existentes.

Esta visión holística quedaría incompleta si no continuamos con el siguiente punto central de mi reflexión.

4. El ingeniero, la empresa y el desarrollo social, o "ingeniería con propósito".

El **Ingeniero**, y sobre todo el ICAI, puede y debe esforzarse y contribuir a la gestión ciclo del agua. Para ello puede elegir entre **múltiples actividades** o **canales**:

- Empresas públicas o privadas del Sector.
- Instituciones, gobiernos.
- Organizaciones no gubernamentales y Fundaciones.
- Profesional o consultor independiente especializado.
- Profesorado, formación y capacitaciones, Universidad.

Para que nuestra contribución tenga un valor relevante y diferente, debemos ir más allá de una Ingeniería tradicional, más allá de una Empresa convencional y más allá de un "desarrollo social" encorsetado en el departamento "amable" de responsabilidad social corporativa (lo que llamamos "RSC"). Es decir, debemos tener un **propósito** más **ambicioso**.

Ante la situación del acceso al agua tal como descrito en los **ODS,** tenemos que **pasar a la acción**, ponernos **manos a la obra**; siempre se puede hacer algo más. Seguro que cada uno de nosotros, no importa en qué actividad nos desempeñemos, podemos aportar como ingenieros, como individuos y como parte de una comunidad en alguno de los ámbitos o asuntos que he descrito en los puntos anteriores.

Nos podemos inspirar en los marcos y guías que propongo en mi primer punto, también podemos elegir otros.

Más concretamente, para contribuir a los ODS del Agua, nos podemos inspirar y apoyar en el **Marco**

de aceleración global de **ONU Agua**, y así identificar nuestra contribución y llevarla a cabo.

Aprovecho dos citas que he escuchado recientemente y me ayudan a la reflexión desde el punto de vista de la **Empresa**:

- *«Una Empresa es próspera porque es útil»* (Antoine Frérot, PDG de Veolia).
- *«La Empresa debe hacer beneficios, si no, morirá; pero si intentamos hacer funcionar la empresa únicamente sobre el beneficio, morirá también, porque no tendrá más una razón de ser»* (Henry Ford en los inicios del siglo XX).

Los conceptos **«utilidad»** y **«razón de ser»** son necesarios para la gobernanza de la Empresa, ¡con la condición de que no se queden en mero concepto!

Salgamos de nuestra área de confort de la empresa convencional y alimentemos la razón de ser y lo útil.

En la industria del agua, cuando hablamos de la ingeniería, de la empresa y del desarrollo social, es bastante obvio que esto último será la razón de ser de nuestras iniciativas, ¿o no?

Así, para cerrar el triángulo en la industria del agua, el **Desarrollo Social** significa **ubicar** a las **personas** en los Ciclos del Agua, el grande y el pequeño. Si resolvemos sus necesidades dentro de estos ciclos, estamos resolviendo su desarrollo social, y al mismo tiempo, estamos cuidando el medio ambiente: ¿Es la "Ingeniería del Agua con Propósito"?

Dos mensajes y reflexiones para finalizar, entorno al acceso universal al agua:

i. Es cierto que la **situación** es completamente **diferente** entre los países llamados del **mundo desarrollado**, y aquellos catalogados de **mundo en desarrollo**. Pero desde el punto de vista del Ingeniero y su contribución las **diferencias** de **fondo no** son tan grandes. Sí **difieren** los **ritmos**, los tiempos, y, sobre todo, la **ingeniería social**. Por ejemplo, en España podemos decir que hemos logrado el acceso universal al agua. Nuestra contribución puede centrarse en consolidar la sostenibilidad de dicho acceso, y en su parte social, cuidar que las tarifas sigan siendo asequibles. Por otro lado, en muchos países de África, Asia o América latina, para lograr y sostener el acceso universal, tenemos que poner mucho más esfuerzo en la adaptación de las tecnologías, en la razón de ser de las empresas y en los puntos claves del desarrollo de las personas y las familias. Y también, redoblar esfuerzos en nuestra habilidad para que los recursos económicos se empleen completamente y con prioridades.

ii. Una **buena noticia: El desarrollo social, el acceso universal al agua y al saneamiento, o la Ingeniería con Propósito, son rentables**. Mi experiencia me permite afirmarlo. Una empresa de agua no será viable si ignora a las comunidades que no gozan del servicio. Cuando convertimos a esas comunidades o personas en verdaderos **beneficiarios** y **clientes** del servicio, están dispuestos a pagar una contraprestación justa.

> *El desarrollo social, el acceso universal al agua al saneamiento, o la Ingeniería con Propósito, son rentables.*

Para ilustrar estas últimas reflexiones, listo algunos ejemplos que me han tocado vivir en mi vida profesional. Ejemplos de situación, retos y contribuciones de la ingeniería a la solución durable de problemas. Sólo lo haré en forma muy resumida para no extenderme más, señalando un aspecto importante. Habrá otras oportunidades para entrar en detalles.

Colombia: En el Suroeste de Barranquilla, los llamados barrios "subnormales", (barrios de chabolas para nosotros), carecían completamente de infraestructura de agua y saneamiento. Después de intensos diálogos con los líderes de las comunidades y el gobierno, se logró construir **sistemas convencionales** (novedosos para Colombia) de agua y alcantarillado, con la particularidad exitosa de realizar primero el alcantarillado evitando aguas sucias en las calles.

Argentina: En Buenos Aires, los proyectos "**Agua + Trabajo**" permitieron conectar a los servicios de agua a millones de persona en las zonas periurba-

nas, muy pobres, donde la solución fue involucrar a la población para que hicieran suyo el proyecto al tiempo que trabajaban en la construcción y operación de infraestructuras, que fueron diseñadas de manera **no convencional**.

Bolivia: En la Paz y El Alto, se desarrollaron proyectos de **alcantarillado comunitario** y tratamiento de aguas residuales con **tecnologías** vegetales de **bajo coste**. El diálogo, la educación y el involucramiento directo de las comunidades en los trabajos fueron factores de confianza y éxito, así como la implicación social de la Empresa en asuntos como crear centros de acogida para niños de la calle.

Chile: El sistema de tarificación incluyó **subsidios directos** para las familias en dificultad, mecanismo que demostró ser uno de los más eficaces para garantizar el acceso universal. El éxito de la **Gobernanza** y la colaboración público-privada hizo que el ciclo del agua se completara con 100% de tratamiento de las aguas residuales en Santiago.

México: En Cancún, los asentamientos irregulares o **invasiones** contaban más de 200.000 personas y no paraban de crecer. La solución para prestar los servicios pasó por un proceso de **diálogo** complejo con todas las **partes interesadas** (comunidad, ejidatarios, gobierno, empresa) para definir los derechos a los servicios y a la propiedad y las infraestructuras no convencionales de suministro.

Perú: En el área metropolitana de Lima, la **gobernanza**, las limitaciones de la cooperación y los asentamientos irregulares son dificultades mayores para lograr el acceso universal a los servicios. Sin embargo, las iniciativas de **modernización** o proyectos como los **servicios ambientales** (protección de los ecosistemas en altura) son acciones que están permitiendo avanzar en cobertura de servicios y protección del recurso hídrico.

Todos estos proyectos y situaciones incrementaron el acceso a los servicios, convirtieron a los beneficiarios en verdaderos clientes, su calidad de vida mejoró fundamentalmente, y contribuyeron sosteniblemente a la rentabilidad del servicio. Los proyectos se pueden llevar a cabo por **convicción** o por **obligación**. Si se emprenden por convicción tienen muchas más posibilidades de ser rentables económica y socialmente, y sostenibles.

5. Conclusiones

Unos de los mayores lujos materiales que existen es poder darse un baño o ducha de agua caliente en casa, o beber agua del grifo.

Hay millones de personas que nunca han podido darse ese "lujo"; ni pueden lavarse las manos a diario con agua y jabón.

Hoy en día existen procesos, organizaciones, herramientas y presupuestos que nos permiten contribuir a que esta realidad cambie.

La Agenda 2030, los ODS, el ODS6, las iniciativas de aceleración, y otros muchos marcos y guías nos dan la oportunidad de participar en múltiples niveles.

La Ingeniería y los Ingenieros ICAI, somos parte fundamental de estos procesos. Tenemos capacidades idóneas para resolver las cuestiones técnicas, tecnológicas, financieras y de gestión, para mejorar el acceso al agua, optimizar su uso y conservar los recursos hídricos.

Y lo podemos hacer con un prisma de desarrollo social, definiendo y cumpliendo un propósito, compatible con actividades económicas rentables y con actividades sin ánimo de lucro. Con un enfoque integral.

¡Pasemos a la acción! No perdamos tiempo en debates.

Podemos aportar nuestro granito de arena, y también "nuestra gotita de agua".

Bibliografía

- ONU: Declaración derecho humano al agua: El derecho humano al agua y al saneamiento | Decenio Internacional para la Acción "El agua, fuente de vida" 2005-2015 (un.org).
- ONU: Los Objetivos del Desarrollo Sustentable Home | Sustentable Development (un.org), Objetivos y metas de desarrollo sostenible – Desarrollo Sostenible (un.org)
- ONU, El ODS 6: Agua y Saneamiento, Agua y saneamiento – Desarrollo Sostenible (un.org)
- ONU Agua, Informe de avance SDG 6, SDG 6 Progress Reports Archives | UN-Water (unwater.org)
- ONU Agua, Marco de aceleración, SDG 6 Global Acceleration Framework | UN-Water (unwater.org)
- Agencia española de cooperación internacional y desarrollo, Fondo de Cooperación para Agua y Saneamiento, FCAS Inicio (aecid.es)
- Laudato Si', Sobre el cuidado de la casa común. Carta Encíclica de S.S. Francisco. Editorial San Pablo. 2015.

Juan Mateos Íñiguez es ingeniero industrial del ICAI. Tiene más de 30 años de trayectoria en el mundo del agua, habiendo ejercido como ingeniero jefe de Obras e Ingeniería, director de operaciones, planificación, soporte corporativo o proyectos internacionales, y tiene dilatada experiencia como director general en varias compañías.

Comenzó su carrera en obras hidráulicas y medio ambiente en la Compañía JOCA, en Extremadura. En 1992 pasó a ser Delegado para Extremadura en la Empresa ACUAESTUDIOS, especializada en tratamiento de aguas. En 1993 se integró en el Grupo AGBAR, como director general adjunto a cargo del desarrollo, proyectos y obras, en Extremadura.

En 1996 comenzó su carrera internacional en Colombia, en la Triple A de Barranquilla, filial del Grupo AGBAR, donde ejerció varias responsabilidades técnicas, operativas y de desarrollo de negocio.

En el año 2000, desde la sede del Grupo SUEZ en Francia, desempeñó el cargo de gerente de soporte técnico y operativo para América del Sur y España. En 2006 el SUEZ le encomendó la dirección general de operaciones en la Ciudad de México, y en 2007 pasó a ser director general de la Concesión de Cancún e Isla Mujeres.

En 2011 regresó a Francia para ejercer como director de Proyectos Internacionales de Agua. A partir de 2018 y hasta el presente año dirigió las operaciones de Acciona Agua en Veracruz, México, y después en Lima, Perú.

Mesa 5 / Ponencia 5

PROYECCIÓN DE LOS VALORES DE LOS INGENIEROS DEL ICAI

Román Escudero Gallego. *Miembro del consejo. Asociación Nacional de Ingenieros del ICAI.*

José Ramón Aranda. *Coordinador formación continua y transversal. Instituto Ingeniería de España.*

Resumen

Nuestro colectivo se ha caracterizado por aplicar en su actuación una serie de valores fundamentales que, adecuándose a las características sociales de cada período, le han servido de guía a lo largo de nuestra historia y le han conferido una identidad propia.

El objetivo de esta ponencia es analizar cuáles han sido estos valores a lo largo del tiempo y validar su aplicación en la actuación futura de los ingenieros del ICAI.

El método de trabajo ha consistido en analizar el contenido de las publicaciones de los siete congresos celebrados hasta la fecha, artículos y entrevistas a miembros del colectivo en la revista ANALES, y además el contenido de varios libros de nuestra historia para extraer y resumir los valores que se han ido estableciendo en cada momento como guía de actuación.

Como resultado del análisis se han identificado los valores que han configurado una forma de pensar y actuar en el pasado propia de nuestro colectivo y se confirma su plena vigencia para su aplicación en un próximo futuro.

1. Introducción

Bajo la denominación de ética profesional entendemos el conjunto de normas y valores que deben guiar el desarrollo de la actividad profesional para conseguir unos objetivos de mejora para las personas y la sociedad en general. Debe ser, por tanto, determinante de la actuación profesional en las diferentes situaciones que un profesional, en nuestro caso un ingeniero, se enfrenta en su día a día.

Por valores entendemos los principios y cualidades

que caracterizan a una persona y a sus acciones en el área profesional y también en su área personal. La escala de valores indica que tenemos un sistema jerarquizado por medio del cual priorizamos unos valores por encima de otros en caso de conflicto.

Los lectores que deseen profundizar sobre los conceptos de deontología, ética y moral podrán hacerlo con la lectura de: la ponencia que nuestro querido compañero Luis Alberto Petit presentó en el VI Congreso titulada "¿Hacia una ética de los ingenieros?"[1], la conferencia del Profesor D. José Ángel Ceballos presentada en el VI[2], su ponencia en el VII congreso[3] y la Conferencia de Clausura del VI congreso pronunciada por el P. Guillermo Rodríguez-Izquierdo S.J..[4]

2. Aportaciones de profesores y jesuistas

Padre Agustín Pérez del Pulgar S.J.

Los directores y profesores de la escuela que han formado a los compañeros egresados del ICAI desde aquél lejano 1912, tanto jesuitas como seglares, han sembrado con sus ideas y su ejemplo los valores que debían guiar nuestra actuación profesional.

Recogemos, en representación de ellos, a una de las figuras más relevantes de la fundación e historia del ICAI, el Padre Agustín Pérez del Pulgar S.J., aceptando el difícil reto de resumir en unas líneas La gran influencia de su persona en la creación del ICAI y en la transmisión de los valores que supo sembrar en la estructura de "la santa casa" y en todos los alumnos que estuvieron bajo su influencia.

Nos ha servido de guía para conocer con profundidad su gran personalidad, y sus valores, entre otros documentos, la biografía editada por nuestra Asociación en 1960[5]., y la conferencia pronunciada por D. Carlos Inza y Tudanca (pr. 1922) en la sesión de clausura del 1er Congreso del ICAI con el título "Recuerdo y meditación sobre la figura del P. Pérez del Pulgar" celebrado en abril 1965[6].

Iniciamos este bello y corto recorrido descriptivo de la figura del Padre Pulgar con unas palabras que él pronunció el 3 de octubre de 1932 con motivo del nuevo curso en Lieja: "***Educar es hacer pasar al hombre desde el estado de dependencia e impotencia física y moral en que nace, al de persona física, moral e intelectualmente equipada para valerse y defenderse por sí misma en la lucha de la vida. ...La educación es la preparación para la vida***".

La vocación jesuítica condujo su actuación, mostrando la gran figura de apóstol y maestro, guiado siempre por las ideas del catolicismo.

En una de sus exhortaciones indicaba la necesidad de "la búsqueda de la verdad en todo, a ser fieles a ella en su conducta profesional y en su conducta privada".

También era para él muy importante el sentido de lo práctico y de la eficiencia. Narran en la biografía citada la anécdota de un alumno que le había manifestado dudas sobre hacer una cosa de una manera o de otra, respondiéndole: "hazla de la peor, pero hazla".

Carlos Inza destacaba en la intervención citada sobre la figura del padre Pulgar: "...su sabiduría y facetas científicas, sus valores humamos, sus virtudes sobrenaturales, su santidad y la gran lección de su ejemplo: de sencillez, comprensión y generosidad".

Podríamos resumir los principales valores que el P. Pulgar nos transmitió en: **gran sentimiento católico de la vida, amor y entrega a los demás, profesionalidad, sencillez, generosidad, búsqueda de la verdad y sentido práctico en el trabajo**.

[1] PETIT, LUIS A., ¿Hacia una ética de los ingenieros? Libro del VI Congreso de Ingenieros ICAI. Conferencias, Ponencias, Comunicados y Conclusiones. Madrid 2000, págs. 285 - 293.

[2] CEBALLOS, JOSÉ A., ¿Ética para un nuevo siglo? Libro del VI Congreso de Ingenieros ICAI. Conferencias, Ponencias, Comunicados y Conclusiones. Madrid 2000, pgs.105-111

[3] CEBALLOS, JOSÉ A., "Reflexiones sobre ética profesional y responsabilidad personal". Libro Conferencias, Ponencias, Comunicados y Conclusiones del VII Congreso Nacional de Ingenieros del ICAI. Madrid. Noviembre 2015. Págs. 211-218

[4] RODRÍGUEZ-IZQUIERDO S.J., GUILLERMO. "La toma de decisiones en perspectiva ética y social". Libro del VI Congreso de Ingenieros ICAI. Conferencias, Ponencias, Comunicados y Conclusiones. Madrid 2000, págs. 110-119.

[5] GONZÁLEZ RUIZ, NICOLÁS. "Genio y figura del Padre Pulgar, semblanza biográfica". Madrid 1960.

[6] INZA, C. "Recuerdo y meditación sobre la figura del P. Pérez del Pulgar". ANALES MAYO-JUNIO 1965.

3. Aportaciones de los congresos

3.1 PRIMER CONGRESO, ABRIL 1965, "TÉCNICA Y DESARROLLO ECÓNOMICO-SOCIAL"

Podemos obtener un primer trazo del telegrama que los miembros de la mesa enviaron, al inicio de este congreso, S.S. el papa Pablo VI en el que decían: "Ingenieros del I.C.A.I. reunidos en I Congreso estudian su responsabilidad ante problemas planteados desarrollo técnica y economía y reafirman filial fidelidad Santo Padre solicitando bendición apostólica "prometiendo esforzarse porque **la técnica sirva a la justicia, a la caridad y a la irradiación de la fe**." Estaba firmado por: Petit. Presidente, Redondo. Decano, Carnevali. Patronato, Marañón S.J. Rector.[7]

Dos de las ponencias que se desarrollaron durante los días del congreso trataron de "La espiritualidad" y "La vida profesional" en el Ingeniero del ICAI.

Los participantes en el congreso aprobaron por votación un conjunto de conclusiones de las ponencias podemos destacar, en el aspecto que nos interesa, las que citamos a continuación. A modo de conclusión general, decían en su primer párrafo, *"El ingeniero del ICAI debe ser un profesional, que, poseyendo un alto grado de formación teórica y práctica en las ramas de la Electricidad y Mecánica, sea uno de los que viva íntegramente el Catolicismo en el ejercicio de su carrera"*.

A lo largo de las otras conclusiones resaltaron los valores de: **honradez en las actividades, respeto a la dignidad de la persona humana, aplicación de la Doctrina Social de la Iglesia, lealtad hacia los colaboradores, compañerismo y colaboración con la Escuela.**

En cuanto a la formación del "ingeniero cristiano" se pedía que estuviera basada en: **el sentido de responsabilidad, el concepto austero de la vida y el espíritu de servicio.**

Debemos destacar como tema principal, en cuanto a valores, de este primer congreso, la vivencia del **sentimiento católico en el ejercicio de la profesión.**

3.2 SEGUDO CONGRESO, NOVIEMBRE 1970, EL INGENIERO Y EL ORDENADOR.

En la presentación de este segundo congreso se decía: "*el objetivo fundamental es el establecer criterios para la mejor adaptación de los Ingenieros a la transcendente evolución de la sociedad, como consecuencia del acelerado progreso tecnológico de nuestra era*". Dos de las ponencias fueron dedicadas a la Planificación de la formación desde el punto de vista humano: la primera en "sus aspectos religioso y social", por D. Serafín San Juan Rubio (Pr. 1950)[8] y la segunda "en sus aspectos filosóficos, cultural y universal, por D. Demetrio Salorio (Pr. 1943)[9]

En la primera de ellas se ponía el **énfasis en el cristianismo como doctrina y moral que crea una actitud hacia Cristo, hacía los hombres, hacia el mundo y hacia la vida**. Señalaba la importancia de nuestro grupo de ICAIs y **la responsabilidad frente a la sociedad por nuestra actividad profesional**, remarcando la importancia del principio de hacer y de comprometerse, más que teorizar, para resolver los problemas.

Señalaba el autor que la actuación de nuestros ingenieros, para superar los retos que se presentaban, debía guiarse por el principio de unidad y basarse en el trabajo, mando y autoridad, **espíritu de servicio y una actitud de máxima eficacia y profundamente cristiana.**

En la segunda conferencia citada, aspectos filosóficos, cultural y universal, el autor partía de una concepción de la profesión de ingeniero que implica un modo de "ser", con un objetivo de obtener el desarrollo de niveles de utilidad cada día más altos para la vida del hombre mediante **el adecuado uso de los recursos materiales y humanos disponibles.**

Al ingeniero del ICAI le asigna una misión especial que es la de **"ser portador y protagonista ejemplar del Humanismo Cristiano"** necesitando para ello una formación y un "espíritu de compromiso que le haga ser eficiente en la oportunidad apostólica de su labor cotidiana".

---

[7] Lo remarcado en negrita corresponde a los autores

[8] SAN JUAN, S. "Planificación de la formación desde los puntos de vista religioso y social". ANALES, XLVIII, nov.-dic. 1970. Pgs.71-72.

[9] Salorio, D. Planificación de la formación desde los puntos de vista filosóficos, cultural y universal". ANALES, XLVIII, nov.-dic. 1970. Pgs.72-73.

Como resumen podemos ver que en este segundo congreso continua **como valor dominante el Humanismo Cristiano** al cual se le une, entre otros, el principio de hacer dentro de un **espíritu de servicio y compromiso con la sociedad.**

3.3 TERCER CONGRESO, NOVIEMBRE 1976.[10]

El contenido de las ponencias de este congreso fue resumido en unas conclusiones que fueron presentadas para su aprobación al final de este. La primera de ellas contiene la siguiente declaración:

> *"La importancia del Desarrollo Integral que permita obtener los medios para adquirir una cultura digna, cultivar la vida del espíritu, colaborar al bien común y a la paz universal, y abrirse al conocimiento de Dios y a la elevación sobrenatural en Cristo y lograr en plenitud su realización personal y colectiva".*

Estos valores eran ampliados y complementados en otras conclusiones en las que se recogían **la importancia de una visión cristiana que apoyara el desarrollo del hombre en libertad con solidaridad humana** y el valor del trabajo del ingeniero poniendo al servicio de los hombres los conocimientos técnicos y la entrega personal, primando el bien común frente al interés particular.

3.4 CUARTO CONGRESO, COOP. TÉCNICA Y ECONÓMICA IBEROAMARICANA-ESPAÑA, MARZO 1981.[11]

Queremos resaltar de este congreso el lema elegido para el mismo: **"El desarrollo al servicio del hombre"**.

El R. P. Valero Agúndez S.J., Rector de la Universidad de Comillas, señaló en su intervención en el acto de clausura[12] la gran importancia del lema que había sido elegido. Profundizando en su auténtico significado, indicó, no debía considerarse como una frase inocente, ni como un eslogan, sino que muy al contrario que debía ser toma por su sentido de que **lo primero es el hombre como valor supremo de la naturaleza y que por tanto a él se debe dirigir "el servicio" del desarrollo.**

> *...el valor del trabajo del ingeniero poniendo al servicio de los hombres los conocimientos técnicos y la entrega personal, primando el bien común frente al interés particular*

Señalaba que este servicio debía atender en primer lugar a las necesidades primarias del hombre, pero debía ir mucho más allá para alcanzar la humanización del hombre. **El desarrollo debe atender a la humanización y personalización, al desarrollo del hombre como hijo de Dios.**

3.5 QUINTO CONGRESO, INGENIERÍA POSTINDUSTRIAL, PERSPECTIVAS PARA EL AÑO 2000. MAYO 1987[13]

Como preparación a este congreso se realizó una encuesta al colectivo de ingenieros y estudiantes del ICAI[14]. Su capítulo 3º estuvo dedicado a "La sociedad, la vida cristiana y el ingeniero". Del análisis de las respuestas, en el apartado correspondiente a lo social, se obtenía que **el valor TRABAJO** ocupaba un puesto preferencial en su escala de valores.

El valor del sentido religioso de la vida y de la justicia como valor social quedaba repartido en tres bloques de tamaño similar: los que les daban una gran importancia, los que los consideraban de importan-

[10] Resumen CONCLUSIONES DEL 3ER CONGRESO NACIONAL DE INGENIEROS DEL ICAI. Noviembre 1976

[11] Revista ANALES, Volumen LIX. Fascículos III, IV, V y VI. Mayo a diciembre 1982

[12] Revista ANALES, Volumen LIX. Fascículo III. Mayo-junio 1982. Págs... 86 a 88.

[13] ANALES nº. 64 1987

[14] Encuesta preparación V congreso, ANALES, tomo 1987 págs. 166 y siguientes.

[15] BENJUMEA, J. "La responsabilidad social del ingeniero", Colección ANALES, año 1987, págs. 120-124.

cia media y finalmente los que los relegaban a los últimos puestos de la escala de valores.

De las diferentes ponencias y conferencias deseamos citar la de D. Javier Benjumea (pr.1940) sobre "La responsabilidad social del ingeniero"[15] en la destacaba que **la participación del ingeniero en su entorno social debe estar guiada por "el sentido de la vida, del trabajo, de la valentía, de la responsabilidad…, en definitiva, todo depende de la voluntad".**

El P. Joseph Joblin S.J., en su conferencia "Deontología y ética profesional"[16] efectuaba unas importantes *"reflexiones en cuanto a las implicaciones morales del ingeniero con respecto a la evolución reciente de la profesión"*, y ofrecía un amplio abanico de ideas sobre **la visón dinámica del ingeniero y de cómo puede integrarse en los elementos fundamentales de la Deontología Católica.** Terminaba su conferencia con estas palabras:

> *"El ingeniero forma parte de un grupo y pesa sobre él* ***una demanda de moralidad*** *muy fuerte* ***la cual debe precisarse con este testimonio de una vida personal cristiana de amor para cada hombre, para hacer del otro un testimonio del amor a Dios".***

3.6 SEXTO CONGRESO, LAS TECNOLOGIAS AL INICIO DEL S. XXI, CONSIDERACIONES ETICAS Y SOCIALES, OCTUBRE 1999[17]

Entre los ejes de reflexión que se fijaron para este congreso el cuarto de ellos atendía a *"las consecuencias sociales que los cambios futuros significarían para unos* ***ingenieros como los del ICAI, particularmente sensibles a lo social, por vocación y por tradición; y análogamente para las consecuencias éticas".***

En las ponencias y comunicados del congreso fueron numerosas las reflexiones que giraron en torno a las ideas anteriores y representa un gran reto concentrar, en el reducido espacio que disponemos las numerosas e interesantes reflexiones vertidas a lo largo del congreso mismo. la concisión nos obliga a prescindir de muchas de ellas.

Extraemos, de las conclusiones generales del congreso, las ideas que más directamente nos conciernen.

- En la homilía el P Rector nos recordaba que **somos un puente entre dos orillas: la técnica y la ética. Y que *"La Ciencia y La Religión (la Ética) deben respetarse recíprocamente***, …, se complementan, …"
- El Profesor D. José A. Ceballos señalaba que **la Ética** para el nuevo siglo **debe ser** la misma de siempre, es decir **integrada en el vivir profesional**, y que *"lo que debe distinguir a un ingeniero del ICAI es estar familiarizado con determinado esquema de valores y convivir asiduamente con él".*
- De la conferencia de clausura citada del P. Rodríguez-Izquierdo S.J., *"La toma de decisiones en perspectiva ética y social"*, podemos resaltar las siguientes ideas:
  - **La decisión ética exige un fuerte compromiso personal y supone sacrificios.** La ética sólo es buena si no se aspira en ella a satisfacciones personales y sólo es válida con un orden de prioridad absoluto.
  - **La ética no son recetas.** EL secreto está en **una actitud personal, situándose ante Dios y ante los demás de modo de no poder hacer lo que es contra el hermano, lo que es contra Dios.**
  - **Hay que saber ver los problemas, y ayudarse del diálogo con otros de buena voluntad.** Debemos poner en juego nuestra vida profesional, nuestro quehacer y nuestra capacidad corporativa al servicio de las causas grandes.

En las interesantes ideas de la ponencia de nuestro compañero Luis A. Petit, también antes citada, nos señalaba en sus conclusiones que:

> *"Como ingenieros nuestra misión consistirá en transformar esta realidad de forma que vaya surgiendo la vida humana que late en nuestra realidad más honda, acercando el orden natural a un apersona que es "un ser humano". Y ello mediante* **un rearme moral en que predomine la visión del bien común."**

[16] JOBLIN S.J., J., "Deontología y ética profesional". ANALES, tomo 1987 págs. 145-150.

[17] Libro del VI Congreso de Ingenieros ICAI. Conferencias, Ponencias, Comunicados y Conclusiones. Madrid 2000.

[18] Libro Conferencias, Ponencias, Comunicados y Conclusiones del VII Congreso Nacional de Ingenieros del ICAI. Madrid. Noviembre 2015.

3.7 SEPTIMO CONGRESO, VALOR Y TALENTO PARA LA SOCIEDAD, NOVIEMBRE 2015.[18]

Podemos afirmar que el tema que nos ocupa, valores del ingeniero del ICAI, apareció en las intervenciones de la mayor parte de los participantes.

En la homilía de la misa que abría el congreso el P. Antonio López de la Rica S.J. nos recordaba que iniciar el congreso con la Eucaristía significaba que queríamos **poner a Cristo como centro de nuestro encuentro y de nuestras vidas.**

La intervención en la apertura el presidente de la Asociación, Román Escudero (pr.1970) citaba la importancia del congreso como tiempo de reflexión sobre el papel que el ingeniero juega en la sociedad y el valor que le aporta a la misma. Por ello un objetivo prioritario del congreso era poder pensar, debatir y decidir acciones sobre ámbitos que conforman la **actuación personal** y técnica atendiendo a que **somos profesionales comprometidos con nuestra sociedad.**

En la conferencia inaugural participaron varios compañeros representantes de las diferentes etapas del ICAI. Tomamos a continuación la parte de sus intervenciones que afectan al tema de valores.

- Luis Alberto Petit (pr. 1953) en representación de "el pasado" habló de la **atracción** que el ICAI había supuesto para él **por la preparación, la capacidad de trabajo y de esfuerzo**. En su opinión las dificultades a las que tuvieron que enfrentarse a lo largo del primer medio siglo forjaron lo que el P. Sánchez Blanco denominaba "espíritu del ICAI". Resaltaba ***"nuestra especificidad en el sentido de un mayor compromiso social donde se promueve la diferencia entre moralidad y legalidad y se considera el trabajo como la realización de una persona y su contribución social"***
- Ramón Gómez de Olea, (pr. 1990) en representación "del presente" citó la importancia que había tenido para el éxito del ICAI el **"sentido de cuerpo y la lealtad entre compañeros".** También citaba como otro valor esencial "el ser fruto de una educación de la Compañía de Jesús, que marca y da impronta", lo que implica **un compromiso un de base cristiana con la sociedad.**
- Rafael Montilla (pr.2005) y Maite Peña (pr.2009) en representación de "el futuro cercano" resaltaban **la importancia de sentirse ICAI,** el c**ompañerismo, la capacidad de trabajo, los valores morales, el trabajo "bien hecho" y el sentido de pertenencia.**
- Ramón Rodrigáñez (estudiante 1º máster) en representación "del futuro más lejano" dedicó una parte de su intervención al **sentimiento de pertenencia al ICAI**, las dificultades de mantener su alto nivel histórico y formulaba propuestas para su recuperación.

En el acto de clausura el Rector P. Julio Martínez S.J. nos recordaba entre otras ideas **"la importancia de la formación humana y religiosa, así como la formación en la dimensión ética de la vida y la profesión; una ética con sentido de profundidad y no meramente cosmética".**

Y en la intervención de cierre el presidente de la Asociación citaba como **"valores" que habían sido comunes los de: sentimiento de compañerismo, sentido de cuerpo y lealtad, espíritu empresarial y emprendedor, capacidad de gestión fruto de la formación recibida, capacidad de trabajo y valores morales.**

> *...sentimiento de compañerismo, sentido de cuerpo y lealtad, espíritu empresarial y emprendedor, capacidad de gestión fruto de la formación recibida, capacidad de trabajo y valores morales.*

4. Otras aportaciones obtenidas de artículos y entrevistas de la revista Anales y otros documentos internos

Podemos afirmar que el tema de nuestro admirado "espíritu del ICAI", está presente de forma continua en charlas y encuentros entre compañeros y en las intervenciones en los diferentes actos que nuestro colectivo organiza. Veamos a continuación unos ejemplos.

4.1 ANUARIO DE LOS ALUMNOS

Iniciamos este apartado con un recuerdo para las promociones "anteriores a la era digital". Al inicio del curso nos era entregado a todos los alumnos un ANUARIO en el cual figuraba la información sobre el cuadro de Dirección, departamentos, calendario, claustro de profesores, plan de estudios e incluso lista de alumnos de cada curso.

En su primera página se establecía:

> ***"El fin del Instituto ha de ser la formación del profesional íntegramente CATÓLICO, eminentemente técnico y profesional, pero también EMINENTE en su formación religiosa profunda y en una clara conciencia de su misión activa como renovador de las estructuras sociales en sentido plenamente CATÓLICO."***

4.2 ARTÍCULOS Y ENTREVISTAS EN LA REVISTA ANALES

Pasamos ahora a la revista ANALES en la que han aparecido diferentes artículos sobre el tema que nos ocupa, podemos destacar los siguientes.

4.2.1 Definiendo el "espíritu del ICAI"

Nuestra Asociación inició una campaña en diciembre de 2016 con el objetivo de buscar una definición del significado de lo que denominamos "espíritu del ICAI". Con tal finalidad se fue enviada una carta a todos los compañeros informando del objetivo que se quería conseguir: ***"buscar una definición del significado de lo que denominamos "espíritu del ICAI"***.

En febrero de 2017 se informó por carta del resultado de la encuesta[19] y de las conclusiones, extraemos de ella:

- **Entendemos por "espíritu del ICAI"** el conjunto de principios que han guiado la formación y la actuación profesional de los ingenieros del ICAI desde su origen.
- Son valores que creemos deben adaptarse a los cambios que el paso del tiempo impone, pero **conservando lo fundamental de su contenido.**
- Definición: **El espíritu del ICAI es el conjunto de principios que han caracterizado la formación recibida por los ingenieros del ICAI y que han presidido su trabajo profesional.** Entre ellos **los más importantes son:**
  - Sentido cristiano de la vida.
  - Profesionalidad altamente cualificada, entusiasmo, esfuerzo y disciplina en el trabajo.
  - Integridad, espíritu de servicio y respeto a las personas.
  - Gran compañerismo y orgullo de sentirse miembro del colectivo de ingenieros ICAI.

En esta carta se hacía también alusión a una entrevista realizada al P. Díaz Moreno S.J.[20] sobre la que volveremos más adelante en el apartado de conclusiones.

4.2.2 Lineas estratégicas 2020 / 2024

Recientemente las nuevas Juntas Directiva y de Gobierno de la Asociación y Colegio han aprobado un plan de actuación para el horizonte 2020/2024[21].

En el **apartado de la VISIÓN** se indica:

- *Visión del **colectivo** de los ingenieros ICAI: "**Somos ingenieros que, desde la profesión, buscamos contribuir a construir un mundo más justo y sostenible".***
- *Visión de la **Asociación y el Colegio**: Apostamos por la ingeniería desde **los valores, el compromiso, el servicio, las personas más vulnerables y el cuidado del planeta guían nuestros pasos.***

[19] Jhttps://www.icai.es/definiendo-el-espiritu-del-icai-carta-del-presidente/

[20] Revista Anales de mecánica y electricidad, vol. VI, julio-agosto 2007, pág. 6.

[21] https://www.icai.es/lineas-estrategicas-2020-2024/

Para nuestra identidad como personas y como colectivo señala:

A día de hoy nos vemos como personas[22]:

- **Comprometidas con nuestro trabajo.**
- **Responsables.**
- Que afrontamos los problemas de manera resolutiva.
- Con un alto nivel de conocimiento.
- Sensibles a los problemas del mundo y de la sociedad.
- Confiables.

A día de hoy nos vemos como un colectivo:

- Compuesto por personas abiertas a echar una mano a cualquier ingeniero.
- Con un fuerte sentido de pertenencia.
- Caracterizado por la ética profesional.
- Con un fuerte vínculo con la escuela.

5. Conclusiones

Del análisis realizado en los puntos precedentes debemos obtener el resumen de los valores que han sido más importantes en la actividad de nuestro colectivo y realizar una propuesta de su validez y continuidad en el futuro próximo.

5.1 RESUMEN DE LOS VALORES

Resaltaremos aquellos valores que, en nuestra opinión, han conferido el carácter diferencial a nuestro colectivo y que deberían seguir siendo el motor de nuestra actuación profesional.

En todos ellos hemos podido ver que han sido permanentes en el tiempo, aunque se haya podido cambiar su relevancia o bien se haya cambiado la manera de definirlos debido a la evolución del lenguaje y a situaciones temporales propias de los cambios sociales.[23]

En primera posición debemos situar el de CATOLICO, fue uno de los motivos principales de la fundación del ICAI y lo es de su continuidad, su presencia como sentido cristiano de la vida ha sido permanente.

Respecto a la sociedad: espíritu de servicio, respeto a las personas y defensa de la justicia e igualdad de derechos, adecuado uso de los recursos materiales disponibles.

En el ámbito del trabajo podemos añadir a los del punto anterior los de: profesionalidad altamente cualificada, entusiasmo, esfuerzo y disciplina, sentido práctico en el trabajo.

Y finalmente con respecto a nuestros compañeros señalamos los de: fuerte sentido de pertenencia y orgullo de sentirse miembro de colectivo, gran compañerismo, disponibilidad para apoyar a todos los compañeros que lo necesiten.

5.2 ¿SON VÁLIDOS ESTOS VALORES PARA UN FUTURO?

Consideramos que todos los valores señalados en el apartado anterior tienen vigencia plena para un próximo futuro por ser valores esenciales que, como hemos indicado, han configurado una forma de pensar y actuar propia de nuestro colectivo.

Deseamos abrir una ventana al diálogo sobre el valor que podemos considerar como más importante de los ingenieros del ICAI. Nos referimos a **la "C" de CATÓLICO insertada en la palabra que nos identifica como colectivo**.

Obviamente los cambios y la evolución socio-religiosa de la sociedad está influyendo fuertemente en su identificación y aplicación. Si bien en los primeros tiempos de nuestra historia no cabe duda de que era un valor con profundo arraigo hoy cabe plantearse su impacto real.

[22] Según los resultados de la encuesta "Nuestra identidad como colectivo y nuestras necesidades profesionales" realizada en marzo de 2020

[23] Podemos tomar como ejemplo el **cuidado del medio ambiente.**
En la visión para el periodo 2020 – 2024 citada en el punto anterior se indica los valores de "… construir un mundo más justo y **sostenible**" y también que "**el cuidado del planeta** guía nuestros pasos".
Si repasamos el contenido de los congresos anteriores encontramos citas numerosas al **desarrollo sostenible y buen uso de los recursos naturales**. Sirva como muestra el 4º congreso **(1982)** en el que una de las mesas redondas estuvo dedicada al **"Deterioro del medio ambiente"** y otra al **"Aprovechamiento de recursos energéticos"** y también que el P Rodríguez-Izquierdo S.J. en la homilía citada del VI congreso **(1999)** nos señalaba: "La tecnología conlleva **un uso intensivo de los recursos sobre los que tenemos la responsabilidad** de prever cómo podrán administrarse las generaciones futuras".

Acudimos nuevamente a la entrevista citada al P. Díaz Moreno en 2007[24] y tomamos de ella:

> *"Quizás hoy, ante la situación religiosa y social que vivimos y que el Cardenal Rouco acaba de calificar de* ***"apostasía silenciosa" de lo católico****, aplicando a España lo que hace años se afirmó en el Sínodo de los Obispos, en relación con Europa,* ***habría que acentuar, de manera lúcida e*** *inteligente, l****a confesionalidad católica de la Universidad Comillas y, consiguientemente, del ICAI****. Pero habría que hacerlo sin inútiles nostalgias, sin reaccionarismos agresivos, sino* ***con un sentido inteligente de la historia que avanza y no retrocede".***
>
> *"... me parece y sospecho* ***que habría que hacer algo más en el terreno de la confesionalidad católica, sin discriminaciones, ni imposiciones, pero no ocultando o difuminando esa confesionalidad, como algo vergonzante.*** *Ahí pondría yo el acento para que fuese una realidad total el "valor de la excelencia."*

Somos conscientes que el ideario de nuestra Universidad de Comillas recoge este valor y así lo establece en su Misión universitaria:

> *"COMILLAS es una Universidad erigida por la Santa Sede, cuya dirección ha sido encomendada a la Compañía de Jesús. Esta realidad es esencial a nuestra misión y le confiere un perfil específico". Y también que "COMILLAS asume, con todas sus consecuencias, la concepción cristiana. Es decir: adoptamos el Evangelio en todas sus dimensiones, juntamente con la inserción en la Iglesia como comunidad básica".*

Este ideario queda permanentemente reflejado en las intervenciones de los rectores de la universidad, quizás la dificultad esté en que estas ideas fluyan en profundidad a través de la organización impregnando la formación de los alumnos que pasan por ella.

Es a nosotros, ingenieros del ICAI, a quienes nos corresponde hacer realidad el valor de la C de nuestro nombre y dejamos aquí abierto el debate sobre los caminos que nos lleven a que sea una realidad permanente adaptado a las circunstancias de cada momento.

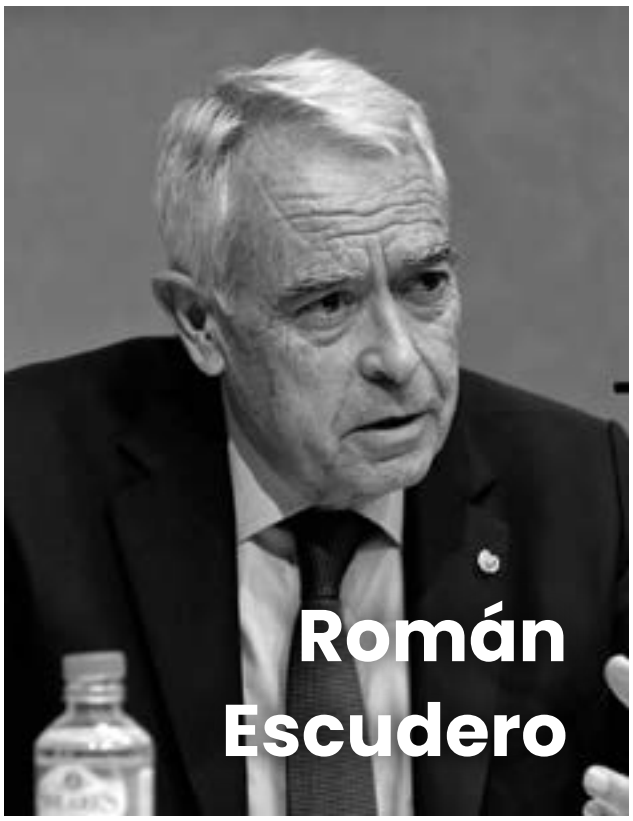
Y para finalizar este apartado de conclusiones animamos a las Juntas de la Asociación y Colegio de Ingenieros de ICAI a continuar, como lo han hecho hasta el presente, en la defensa, apoyo y difusión de estos valores.

6. Agradecimiento

La revisión parcial del contenido de nuestros congresos nos ha dado la oportunidad de apreciar el gran valor de las aportaciones que se han realizado en los mismos, vaya por ello nuestra admiración y agradecimiento al importante número de compañeros que tan generosamente aportaron sus ideas y su trabajo. En su honor podemos parafrasear a Churchill diciendo: ***"Nunca tantos debieron tanto a tan pocos".***

Y ahora sí, terminamos con un grato recuerdo al P. Pérez del Pulgar, citado al inicio, y la respuesta que dio a un alumno ante la duda de cómo hacer una cosa: **"hazla de la peor, pero hazla"**. Demos por hecho nuestro trabajo.

[24] https://www.icai.es/articulo-revista/jose-maria-diaz-moreno-s-j-ser-profesor-de-icai-me-descubrio-mi-vocacion-docente/



Román Escudero

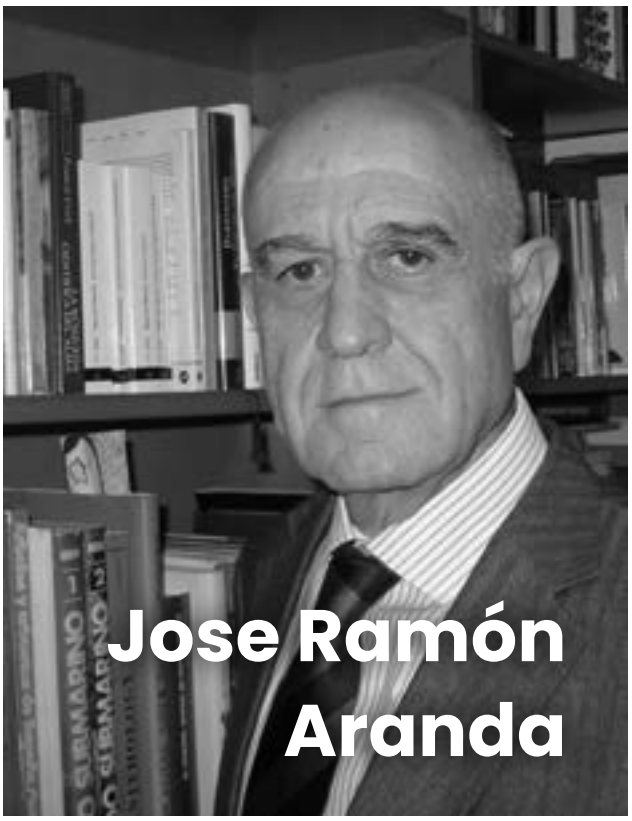
Román Escudero Gallego es ingeniero electromecánico del ICAI de la promoción de 1970.

Desarrolló durante 10 años su carrera profesional en puestos de gestión de grandes empresas multinacionales del sector industrial en las áreas de aprovisionamientos, y posteriormente en la financiera durante 30 años.

Ha participado en la actividad de la Asociación y el Colegio de Ingenieros del ICAI siendo presidente y decano, respectivamente, desde 2012 a 2020.

Durante este periodo ha ocupado también los cargos de: presidente del Patronato de la Fundación de Ingenieros de ICAI para el desarrollo, vocal y vicepresidente de la Junta Directiva del Instituto de Ingeniería de España (IIE). Vocal de la Unión Profesional de Colegios de Ingenieros (UPCI), tesorero de la Junta Directiva de la Asociación de Ingenieros Profesionales de España (AIPE), vocal de la Juntas Directiva de la Asociación Superior de Ingeniería de Andalucía (ASIAN), vocal de la Junta Directiva del Consello Galego de Enxeñerías (CGES) y vocal nato de la Mutualidad de la Ingeniería (AMIC).

Con anterioridad, desde 1988 a 2012, colaboró con la Asociación y Colegio desde posiciones de vicepresidente/vicedecano, tesorero y secretario, y como vocal del Patronato desde su fundación en el año 2007.



Jose Ramón Aranda

José Ramón Aranda Jiménez es ingeniero industrial del ICAI de la promoción de 1969 y tiene un MBA por el IESE Business School.

Desde 1970 a 2012, trabajó como director de Recursos Humanos en grandes empresas industriales, tanto nacionales como multinacionales. Desde 1985 a 1992 trabajó en Cementos Portland Valderribas, en 1992 estuvo durante dos años en el cargo de director de Recursos Humanos en Hullera Vasco-Leonesa y en 1995 formaría parte del equipo, también como director de Recursos Humanos, de Smurfit-Kappa, donde permanecería hasta 2005.

Actualmente es consultor de SECOT y miembro del comité de Universidad, Formación y Empresa del IIE.

Mesa 5 / Comunicación 1

VALORIZACIÓN ENERGETICA DE RESIDUOS CON FANGOS DE DEPURADORA

Carlos Morales-Polo. *ICAI, promoción 2014*

María del Mar Cledera Castro. *ICAI, promoción 1993*

1. Introducción

La industria agroalimentaria es un sector clave para la economía española y europea, y como toda gran rama industrial lleva asociada la generación inevitable de residuos. Por cuestiones ambientales, éticas e incluso políticas es necesario dar una correcta gestión a estos, priorizando su recuperación o valorización. Una opción viable y robusta es la digestión anaerobia para la producción de biogás y su uso posterior como combustible. La Cátedra lleva años trabajando estas líneas, estudiando la adaptabilidad de este tipo de residuos a ser digeridos anaeróbicamente en digestores de depuradoras. Dando con ello respuesta a la gestión de los residuos, aprovechando instalaciones ya existentes y disponibles. Por ejemplo, en el caso de utilizar residuos de mercados al por mayor, estos podrían convertirse en plantas generadoras de energía de hasta 600 kW, reduciendo la emisión de 60 tn de CO_2 equivalente a la atmósfera.

2. Metodología

De todas las energías renovables, la que aprovecha los recursos locales y también reduce el impacto ambiental al transformar ciertas actividades de gestión de residuos, es la biomasa (De Sanctis et al., 2019). Dentro de ella, la transformación de la biomasa en biogás y su posterior uso como combustible se presenta como una solución muy factible (Zhang et al., 2014). Esta tecnología es especialmente interesante para residuos con alta humedad, que por combustión directa o incineración serían difíciles de valorar (Caton et al., 2010). Los beneficios de utilizar el biogás como combustible radican en la facilidad de obtenerlo ya que la fuente de generación es a partir de sustratos comunes, como residuos locales o de cultivos, aguas residuales o la fracción orgánica de residuos sólidos urbanos, entre otros (Yadvika et al., 2004). Estos constituyen una fuente, no inagotable, pero si renovable, y el uso de biogás tiene un menor impacto ambiental, al reducir emisiones, en comparación con el uso de combustibles fósiles (Huttunen et al., 2014). El metano, principal componente del biogás, es el hidrocarburo con menor contenido de carbono, y por lo tanto el menos propenso a generar CO2 (Abbasi et al., 2012), no libera carbono secuestrado previamente como lo hace la combustión de combustibles fósiles (Lehmann et al., 2006), y, además, si proviene de la transformación de biomasa, sus emisiones de CO2 pueden considerarse nulas (Leggett et al., 1992), al considerarse CO2 biogénico, tal y como lo hacen reconocidas entidades como el IPCC.

> *El metano [...]es el hidrocarburo con menor contenido de carbono, y por lo tanto el menos propenso a generar CO2...*

La digestión anaerobia de sustratos orgánicos para producir biogás es un proceso que aporta beneficios ambientales, económicos y energéticos (Morales-Polo et al., 2018). Para asegurar el correcto desarrollo del proceso, es necesario mantener condiciones óptimas de temperatura; para las cuales se necesita energía en forma de calor; y condiciones de mezcla mecánica de adición de sustancias u otros sustratos, para lo cual es necesaria la energía eléctrica (Bolzonella et al., 2006). Un correcto proceso de digestión anaerobia será capaz, con el biogás generado, de suplir las necesidades y proporcionar un remanente de energía para otros usos externos (Abbasi et al., 2012), siendo esta energía renovable, asequible, de producción localizada, con emisiones de CO2 nulas considerando el CO2 biogénico y aportando beneficios ambientales, económicos y energéticos.

La industria agroalimentaria comprende actividades de todos los sectores económicos (Eurostat Food drink Europe, 2019). La cadena de suministro de alimentos comienza con etapas del sector primario (agricultura y ganadería), que produce subproductos (es decir, estiércol, maíz, paja...) además de pérdidas y residuos en forma de productos de baja calidad o desechados, producción dañada o productos sin valor comercial (Chiu y Lo, 2016; Parfitt et al., 2010). Continúa con las etapas de transformación del producto, características del sector secundario, donde tanto los residuos de alimentos como las pérdidas se generan principalmente debido a problemas en el almacenamiento, daños durante el transporte, contaminación a lo largo del proceso o en etapas de separación que crean subproductos no destinados al consumo humano (plumas, pieles, cáscaras de frutas...). El fin de la cadena de suministro de alimentos llega con la etapa de ventas y distribución, típica del sector terciario (Papargyropoulou et al., 2014). Las pérdidas y los residuos que se generan en los mercados de alimentos y los sistemas minoristas se asocian con problemas en el almacenamiento, la conservación o los productos perecederos no vendidos. En la etapa final del ciclo de vida del producto (consumidor final), los residuos se generan por un exceso de compra, procesos de preparación excesivos, malas condiciones de almacenamiento y otros patrones de comportamiento de consumo (Bräutigam et al., 2014).

Se estima que el 33% de toda la producción agroalimentaria se pierde en forma de residuos (Buzby y Hyman, 2012). Particularmente en la Unión Europea

(UE), se generan 90 millones de toneladas de estos residuos anualmente (Monier et al., 2010). Este tipo de producción de residuos representa el 12% de todos los alimentos que entran en un hogar, y un 25% de todos los alimentos de la cadena de suministro de alimentos (Bräutigam et al., 2014).

En este contexto, la generación de residuos y materiales a eliminar en la industria agroalimentaria se presenta como uno de los principales retos ambientales (Bernstad y Cour Jansen, 2012; Cossu, 2009), y dado el fuerte vínculo con la sociedad y su crecimiento resulta imposible eliminar por completo las emisiones de residuos. Por ello, deben ser tratados de la forma más adecuada posible, consiguiendo beneficios medioambientales mutuos y sostenibles.

En España, el sector mayorista de distribución alimentaria está controlado por una empresa pública de la Administración del Estado compuesta por 23 instalaciones alimentarias para la distribución mayorista y los servicios logísticos, que abarca toda la geografía española. En estas estructuras desarrollan su actividad más de 3650 empresas, de las cuales alrededor de 2200 son mayoristas que venden anualmente 7,8 millones de toneladas de productos alimenticios. En cuanto a la afluencia de compradores, la asistencia media diaria se encuentra en torno a los 90.000 usuarios. La distribución mayorista es, por lo tanto, uno de los mayores generadores de residuos alimentarios (Stenmarck et al., 2011). En concreto, se puede estimar que toda la red mayorista en España genera alrededor de 83.000 toneladas de residuos al año, tanto orgánicos como inorgánicos. En los mercados hortofrutícolas, la composición orgánica de los residuos consiste en restos orgánicos de tipo vegetal, como hojas y frutas y hortalizas en mal estado o no aptas para la venta; la fracción inorgánica se compone básicamente de cajas de madera y cartón, alvéolos o rejillas protectoras de frutas (papel o plástico) y cajas de plástico de polietileno alta densidad (Chalak et al., 2018). En los mercados de carne, la facción orgánica consiste en restos de tipo descartes de carne, pieles, huesos y grasa, resultantes del corte y la adecuación para la venta; la fracción inorgánica está compuesta básicamente por envases de plástico (bolsas, bandejas de porexpan), papel satinado, cajas de cartón y cajas de polietileno de alta densidad (Fehr et al., 2002). Finalmente, en las lonjas de pescado, la fracción orgánica de los residuos consiste en restos orgánicos como pieles, espinas y descartes resultantes de la limpieza, corte y adaptación para la venta, así como sangre y otros efluentes residuales líquidos con alta carga orgánica; la fracción inorgánica está formada por mallas y cajas de plástico de polietileno de alta densidad (Liu et al., 2016). En estos mercados también coexisten cafeterías, restaurantes y oficinas, que generan una fracción fundamentalmente inorgánica compuesta principalmente por cajas de envases y embalajes de plástico (bolsas, film plástico y botellas), vidrio (envases de vidrio no retornables) y latas metálicas de conserva.

Se ha estimado en estudios realizados por los autores que el 21% de los residuos generados en la red mayorista constituye la fracción orgánica, mientras que el resto de los residuos se identifican en la medida de lo posible con restos de envases (cartón y papel, plástico, metal y vidrio). Una forma de aprovechar estos residuos orgánicos es la digestión anaerobia, cuyos beneficios ambientales, sociales y económicos se han presentado previamente (Uçkun Kiran et al., 2014), ya que constituye una forma de recuperación de energía.

Este tipo de instalaciones generan una gran cantidad de agua de desechos altamente cargada orgánicamente, no solo por los efluentes orgánicos transportados por las aguas de limpieza, también por los detergentes y elementos desinfectantes de las instalaciones (Schneider, 2013). De conformidad con la Directiva 91/271/CEE de la Comunidad Económica Europea (Directiva 91/271/CEE del Consejo del Consejo de las Comunidades Europeas, de 21 de mayo de 1991, relativa al tratamiento de las aguas residuales urbanas, 1991), estas aguas residuales de carga orgánica deben tratarse en una estación de tratamiento de aguas residuales (EDAR) preferiblemente exclusiva de la instalación. Por la alta carga orgánica, estas EDAR cuentan con digestores anaerobios, tanto en la línea de agua como en la línea de lodos (Morales-Polo y Cledera-Castro, 2016), por lo que en las instalaciones ya hay digestores disponibles para tratar la fracción orgánica de los residuos, sin necesidad de construir otros nuevos, o contar con una planta exclusiva de biodigestión.

En este sentido, la solución propuesta de un tratamiento conjunto de residuos orgánicos y lodos de de-

puradora trae consigo claros beneficios medioambientales, indicados anteriormente, pero también beneficios económicos. La solución propuesta implica un ahorro mucho mayor y una menor inversión al utilizar las mismas instalaciones de tratamiento de aguas residuales que ya existen en la planta. Se ha estimado un retorno en 5 años. Existen varios estudios en la literatura sobre la digestión anaerobia de residuos alimentarios, en los que la mayoría obtienen buenos datos de digestión desde el punto de vista del proceso. Los residuos del mercado mayorista no han sido tratados por esta vía y, como se ha visto, constituyen un importante nicho de investigación. El objetivo del estudio realizado en el ICAI es analizar la viabilidad de los residuos orgánicos, de mercados mayoristas, para ser tratados en digestores anaeróbicos de plantas de tratamiento de aguas residuales, junto con los lodos contenidos en ellos. Para ello se ha realizado un estudio de la tipología de residuos generados en la red mayorista. Se ha analizado y estudiado su idoneidad para ser tratados por digestión anaerobia desde el punto de vista de su composición. También se ha determinado la biodegradabilidad y se ha estudiado cómo se desarrolla el proceso anaerobio al digerir los residuos, determinando la cantidad de biogás y metano que se genera, así como el enriquecimiento del gas en los mismos. También, se ha estudiado el desarrollo del proceso, si existen sinergias o inhibiciones. Una vez determinados los potenciales de generación de gas, se estudió la viabilidad de la solución desde el punto de vista energético (si es capaz de generar energía excedente o disponible para otros usos) y desde el punto de vista medioambiental (si el uso de biogás generado como fuente de energía supone una reducción de las emisiones de CO2 equivalente a la atmósfera).

3. Resultados

Resultados del proceso de digestión naerobio

Se han estudiado tres vectores de residuos, uno por cada tipo de instalación de venta, separándolos así en residuos de mercados hortofrutícolas, de mercados de carnes y de lonjas de pescado. Se han realizado análisis compositivos de los sustratos antes y después de ser digeridos y test de biodegradación anaerobia BMP (Biochemical Methane Potential). Todos los datos se tratan matemática y estadísticamente para obtener las tasas de conversión, pendientes y velocidades de proceso, y la dependencia entre factores.

El residuo de origen vegetal, en cuanto a su composición, está formados en su mayoría, por hidratos de carbono. Tiene la mejor solubilidad de los tres vectores estudiados y también es relativamente resistente a los cambios repentinos en el pH. Durante su digestión (como se ha determinado con todas las variables estudiadas, comparando la generación y evolución de los gases con la composición y sus cambios durante el test de BMP), no se ve afectado por ningún tipo de inhibición y su proceso es el más estable desde el punto de vista de la generación de biogás y el contenido de metano.

En comparación con los tres residuos, es el segundo en generación de biogás (913.282 Nml/100 g de residuo), y el primero en generación de metano (289.333 Nml/100 g de residuo) y contenido de metano (32.252%). Debido a su alta solubilidad, la digestión se produce en dos fases, una primera en la que se digiere la materia orgánica solubilizada, y una segunda, en menor proporción, en la que se digiere el resto de la DQO (Demanda Química de Oxígeno). Esto se deduce con la evolución del hidrógeno durante la degradación, que presenta dos picos de formación/transformación, frente a la evolución del pH que indica que se producen dos fases de acidificación y metanogénesis. Esto proporciona un desarrollo profundo del proceso al digerir la materia orgánica solubilizada y parte de la encapsulada.

De acuerdo con los ajustes matemáticos, tiene una degradación más rápida, con una hidrólisis rápida y estable. Sin embargo, el nivel de biodegradación se puede mejorar a través de pretratamientos, haciendo que la materia orgánica sea más accesible y aumentando la solubilización.

En cuanto a la digestión anaeróbica del residuo de carne, este está compuesto principalmente por grasas, con un contenido moderado de proteínas. Debido a ello, durante su digestión se ve afectado por la inhibición debido a la acumulación de ácidos grasos de cadena larga, pero gracias al moderado contenido de nitrógeno amoniacal liberado durante la degradación de las proteínas, la inhibición se revierte por efecto buffer del nitrógeno amoniacal en baja concentración.

En comparación con los tres residuos, es el primero en generación de biogás (1337.585 Nml/100 g de residuo de carne), y el segundo en generación de metano (232.317 Nml/100 g de residuo de carne) y contenido de metano. La digestión ocurre en una sola fase, y a pesar de tener un alto contenido de carbono y DQO, la digestión no es completa. En parte debido a la inhibición, y en parte debido a un bajo nivel de biodegradación. Se deduce que la materia orgánica encapsulada no se digiere, solo la fracción solubilizada, como se puede corroborar al analizar la evolución del H2 junto con el análisis del pH y los cambios de alcalinidad. Por lo tanto, el nivel de biodegradación es bajo y podría mejorar con el pretratamiento. Cuando se trata junto lodos se produce acidificación en el reactor, así como esponjado del digestato. De acuerdo con los ajustes matemáticos, es el residuo el que tiene un recuento de desintegración menor, lo que indica una degradación más lenta, con una hidrólisis menos rápida y completa. Es un buen candidato para ser tratado por co-digestión con otro sustrato con el fin de equilibrar la relación C/N y evitar la inhibición por acumulación de ácidos grasos de cadena larga.

El residuo de pescado, por su parte, está compuesto principalmente de proteínas, con un alto contenido de nitrógeno. Durante su digestión se ve severamente afectado por la inhibición debido a la acumulación de nitrógeno amoniacal liberado durante la digestión del alto contenido proteico, que se acumula más allá del límite buffer de 2 g/l, haciendo que el proceso decaiga en los primeros días. En comparación con los tres residuos, es el último en generación de biogás, en generación de metano y contenido de metano. La digestión se produce en una sola fase, y debido al bajo contenido de carbono y la alta proporción de nitrógeno, libera un exceso de nitrógeno amoniacal que inhibe la metanogénesis, como se afirma con la baja formación de hidrógeno, y la rápida inhibición del proceso. De acuerdo con los ajustes matemáticos, tiene un recuento de desintegración medio, lo que indica una degradación lenta, con una hidrólisis menos rápida y completa. El nivel de biodegradación es bajo y podría mejorar con el pretratamiento, sin embargo, el pretratamiento aumentaría el nitrógeno amoniacal liberado y la inhibición podría incluso ser más fuerte. Es un buen candidato para ser tratado por co-digestión con otro sustrato con el fin de equilibrar la relación entre carbono y nitrógeno.

4. Reflexión final

La solución de digerir conjuntamente los residuos orgánicos de las superficies de mayoristas en los digestores anaeróbicos de las plantas de tratamiento de aguas residuales es una solución factible, generando biogás en un proceso estable que dura unos 13 días para cualquiera de los residuos. Esta viabilidad no solo proviene del punto de vista del proceso, sino también desde un punto de vista ambiental al proporcionar una solución para dos tipos diferentes de residuos, y también al crear una nueva fuente de energía al convertir la planta de tratamiento de aguas residuales (una instalación necesaria y obligatoria) en un generador de energía. Es una solución muy eficaz para generar energía en mercados con grandes cantidades de ventas, especialmente de residuos hortofrutícolas, combinados con cantidades medias de carne.

Esta solución puede considerarse, en el mejor de los casos, como una central eléctrica de aproximadamente 600 kW cuyo uso puede reducir unas 70 toneladas de CO2 equivalente emitidas a la atmósfera, en caso de que esa energía fuera generada por fuentes convencionales. Lo que supone una reducción del 50% en las emisiones si el biogás se utiliza como fuente de energía en lugar de una fuente convencional como el gas natural.

Referencias

- Abbasi, T., Tauseef, S.M., Abbasi, S.A., 2012. Biogas Energy. Springer New York, New York, NY 978-1-4614-1039-3.
- Bernstad, A., Cour Jansen, J., 2012. Review of comparative LCAs of food waste management systems – current status and potential improvements. Waste Manag. 32, 2439–2455
- Bolzonella, D., Battistoni, P., Susini, C., Cecchi, F., 2006. Anaerobic codigestion of waste activated sludge and OFMSW: the experiences of Viareggio and Treviso plants (Italy). Water Sci. Technol. 53, 203–211.

- Bräutigam, K.-R., Jörissen, J., Priefer, C., 2014. The extent of food waste generation across EU-27: different calculation methods and the reliability of their results. Waste Manag. Res. 32, 683–694.
- Buzby, J.C., Hyman, J., 2012. Total and per capita value of food loss in the United States. Food Policy 37, 561–570.
- Caton, P.A., Carr, M.A., Kim, S.S., Beautyman, M.J., 2010. Energy recovery from waste foodby combustion or gasification with the potential for regenerative dehydration: a case study. Energy Convers. Manag. 51, 1157–1169.
- Chalak, A., Abou-Daher, C., Abiad, M.G., 2018. Generation of food waste in the hospitality and food retail and wholesale sectors: lessons from developed economies. Food Sec 10, 1279–1290.
- Chiu, S.L.H., Lo, I.M.C., 2016. Reviewing the anaerobic digestion and co-digestion process of food waste from the perspectives on biogas production performance and environmental impacts. Environ. Sci. Pollut. Res. 23, 24435–24450
- Cossu, R., 2009. From triangles to cycles. Waste Manag. 29, 2915–2917.
- Fehr, M., Calçado, M.D.R., Romão, D.C., 2002. The basis of a policy for minimizing and recycling food waste. Environ. Sci. Pol. 5, 247–253.
- Huttunen, S., Manninen, K., Leskinen, P., 2014. Combining biogas LCA reviews with stakeholder interviews to analyse life cycle impacts at a practical level. J. Clean. Prod. 80, 5–16.
- Leggett, J., Pepper, W.J., Swart, R.J., Edmonds, J., Meira Filho, L., Mintzer, I., Wang, M., 1992.
- Emissions scenarios for the IPCC: an update. Climate Change 69–95.
- Lehmann, J., Gaunt, J., Rondon,M., 2006. Bio-char sequestration in terrestrial ecosystems – a review. Mitig Adapt Strat Glob Change 11, 403–427.
- Morales-Polo, C., Cledera-Castro, M. del M., 2016. An optimized water reuse and waste valorization method for a sustainable development of poultry slaughtering plants. Desalin. Water Treat. 57, 2702–2711.
- Morales-Polo, C., Cledera-Castro, M.D.M., Moratilla Soria, B.Y., 2018. Reviewing the anaerobic digestion of food waste: from waste generation and anaerobic process to its perspectives. Appl. Sci. 8, 1804
- Papargyropoulou, E., Lozano, R.; K., Steinberger, J., Wright, N., Ujang, Z., 2014. The food waste hierarchy as a framework for the management of food surplus and food waste. J. Clean. Prod. 76, 106–115.
- Parfitt, J., Barthel, M., Macnaughton, S., 2010. Food waste within food supply chains: quantification and potential for change to 2050. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences 365, 3065–3081.
- Schneider, F., 2013. Review of food waste prevention on an international level. Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Waste and Resource Management 166, 187–203.
- Stenmarck, Å., Jörgen Hanssen, O., Silvennoinen, K., Katajajuuri, J.-M., Werge, M., 2011.
- Initiatives on Prevention of Food Waste in the Retail and Wholesale Trades. Nordic Council of Ministers.
- Uçkun Kiran, E., Trzcinski, A.P., Ng, W.J., Liu, Y., 2014. Bioconversion of food waste to energy: a review. Fuel 134, 389–399
- Yadvika, Santosh, Sreekrishnan, T.R., Kohli, S., Rana, V., 2004. Enhancement of biogas production from solid substrates using different techniques––a review. Bioresour. Technol. 95, 1–10.
- Zhang, C., Su, H., Baeyens, J., Tan, T., 2014. Reviewing the anaerobic digestion of food waste for biogas production. Renew. Sust. Energ. Rev. 38, 383–392.

Mesa 5 / Comunicación 2

MODELIZACIÓN Y ANÁLISIS DEL CONSUMO ELÉCTRICO DE LOS HOGARES VULNERABLES EN ESPAÑA

Roberto Barrella. *Investigador de la Cátedra de Energía y Pobreza. Comillas – ICAI.*

Eva Arenas Pinilla. *ICAI, promoción 1997.*

Álvaro Cosín López-Medel. *ICAI, promoción 2019.*

José Ignacio Linares Hurtado. *ICAI, promoción 1992.*

José Carlos Romero Mora. *Investigador de la Cátedra de Energía y Pobreza. Comillas – ICAI.*

1. Introducción

Para elaborar estrategias y planes que permitan tanto garantizar el derecho a la energía como afrontar los retos futuros del cambio climático, es necesario, tal y como indica la Estrategia Nacional contra la Pobreza Energética (EN) [1], profundizar en el conocimiento del consumo energético requerido por los hogares españoles atendiendo a variables como las características constructivas de la vivienda, los electrodomésticos, la zona climática, etc. Los dispositivos eléctricos domésticos representan casi el 40% del consumo energético de los hogares españoles. Sin embargo, la falta de información sobre las necesidades eléctricas de los hogares ha determinado un impacto limitado de los subsidios al consumo como el bono social eléctrico sobre la condición de confort de los hogares vulnerables españoles [2]. El objetivo de este trabajo es llenar este vacío e ir más allá de los estudios que se han realizado hasta ahora, que se presentan en el siguiente apartado.

En tal sentido, este trabajo propone un modelo bottom-up para caracterizar el consumo eléctrico residencial español y lo aplica a la base de datos de hogares de una ONG (ECODES). Este modelo versátil considera los electrodomésticos típicos y dos parámetros básicos de un hogar español (el tamaño de la vivienda y la composición del hogar) para estimar el consumo teórico necesario para satisfacer sus necesidades eléctricas. Por término medio, este consumo teórico es moderadamente superior al consumo eléctrico real de la muestra de hogares de la ONG. Esta diferencia se incrementa al considerar únicamente una submuestra compuesta por los hogares cuyos datos se tomaron presencialmente por ECODES, frente a los recogidos a través de la página web del programa, lo que confirma su condición de vulnerabilidad.

2. Estado del arte

El proyecto SECH-SPAHOUSEC realizó una encuesta con entrevistas telefónicas y presenciales para analizar el equipamiento, el consumo y el comportamiento energético en el sector residencial español y cruzó los resultados con las mediciones de consumo eléctrico. La combinación de diferentes métodos y fuentes de información permitió determinar el consumo energético doméstico para el caso español, agregado por servicio, uso, macrozona climática (mediterránea, continental y atlántica) y tipo de vivienda [3]. Esta estimación estadística, que se actualiza parcialmente cada año [4], ha sido la referencia de la demanda energética residencial para varios estudios posteriores. Uno de estos trabajos, [5], utilizó los datos de la Encuesta de Empleo del Tiempo (EET) para elaborar un perfil medio del consumo eléctrico residencial en España en función del número de miembros de la vivienda y de una serie de perfiles de carga eléctrica de los electrodomésticos. La referencia [5] se inspira en estudios anteriores sobre la relación entre las actividades de los hogares y el consumo eléctrico [6], y en un análisis del consumo de energía eléctrica para la iluminación [7]. Todos los estudios mencionados hasta ahora utilizan un enfoque bottom-up [8], en el que el consumo energético de los hogares viene determinado por las características de la vivienda y el tipo de electrodomésticos, así como por el comportamiento de los miembros del hogar. Por otro lado, [9] exploró el uso de un modelo basado en un sistema de redes neuronales artificiales para la predicción del perfil de carga y energía en el sector residencial, involucrando los siguientes parámetros de los hogares: nivel de ingresos, ocupación y actividades relacionadas con los ocupantes. Otros estudios también han validado los modelos de carga eléctrica propuestos comparándolos con los datos reales de consumo de electricidad (medidos u obtenidos de encuestas) procedentes de bases de datos nacionales [10] o de estudios de casos específicos.

En resumen, los estudios realizados hasta ahora en España han analizado la variación del consumo de electricidad con las características y el comportamiento de los hogares, pero la mayoría de ellos no lo han validado con investigaciones de campo, y no hay ningún trabajo específico para los hogares vulnerables. Por otro lado, el proyecto Reluce [11], desarrollado por la compañía eléctrica española Endesa y la ONG Fundación Ecología y Desarrollo (ECODES) en Calatayud (España), implementó un sistema piloto de prepago de la electricidad en viviendas sociales como herramienta fundamental para el consumo eficiente de energía y el control del gasto de las familias vulnerables. Este proyecto propone una reducción de la potencia en varios hogares vulnerables, basada en un suministro mínimo vital según los electrodomésticos del hogar, como alternativa a los cortes de luz. Además, ECODES promueve el proyecto "Ni un solo hogar sin energía" [12] para la lucha contra la pobreza energética y la mejora de la eficiencia energética de los hogares españoles. Desde 2013 este proyecto ha ayudado a más de 8.000 familias de las 50 provincias españolas a reducir su factura energética y a mejorar el confort de sus hogares a través de auditorías energéticas y consejos personalizados. El diagnóstico energético se ha realizado recogiendo datos sobre las siguientes características de los hogares: (1) situación socioeconómica, (2) estado de eficiencia energética de la vivienda y equipamiento, (3) hábitos de los hogares y (4) información sobre el consumo de energía y los contratos de suministro. Una primera investigación sobre esta base de datos [13] caracterizó la situación y el comportamiento energético de esta muestra de hogares, aplicando dos tipos de modelos: un modelo de gasto teórico para los servicios de cale-

facción y ACS (Gasto térmico teórico) [14], y un modelo estadístico de gasto real en electricidad (Gasto eléctrico mediano).

En este trabajo se presenta una ampliación del análisis anterior, proponiendo y evaluando un modelo para estimar el "Consumo Eléctrico Teórico" (CELT) de los hogares españoles, es decir, el consumo teórico anual necesario para satisfacer sus necesidades de electricidad (iluminación, cocina y electrodomésticos), según los parámetros más representativos del hogar. El proceso de evaluación se realiza aplicando los resultados del modelo a la base de datos de ECODES. A continuación, el modelo CELT se compara con el desarrollado a partir de las hipótesis del proyecto Reluce, es decir, el "Consumo Eléctrico Mínimo" (CELM), y con los datos estadísticos oficiales.

3. Metodología

En este apartado se comienza por un modelo inicial, que ha sido el punto de partida y que se ha denominado Modelo de Consumo Mínimo, para después pasar a describir el Modelo de Consumo Teórico, que extiende el primero y lo amplía. El primero de ellos está basado en el estudio del proyecto Reluce de ECODES-Endesa y tiene en cuenta las principales fuentes de consumo de energía eléctrica en los hogares. Su única variable de entrada es el número de ocupantes de la vivienda. A partir de este primer modelo se ha desarrollado un segundo, llamado Modelo de Consumo Teórico, que tiene en cuenta más fuentes de consumo para acercarnos de forma más precisa al consumo medio de los hogares. Para ello, se han utilizado datos estadísticos oficiales recientes, como el estudio SPAHOUSEC II del IDAE o la Encuesta Continua de Hogares del INE. Este segundo modelo tiene como variables de entrada el número de ocupantes y la superficie de la vivienda.

Ambos modelos son bottom-up y parten de la potencia de cada uno de los principales aparatos que consumen energía eléctrica. A partir de ahí se realizan una serie de hipótesis sobre el número de horas que se utilizan al día, semana o mes, y se utilizan factores de uso para reflejar el hecho de que el consumo aumenta cuando crece el número de ocupantes de un hogar. En el estudio de la iluminación, el modelo de consumo mínimo calcula el consumo eléctrico teniendo en cuenta los ocupantes de los hogares mediante el factor de uso, mientras que el modelo de consumo teórico tiene en cuenta también los metros cuadrados de los hogares.

Para el cálculo de la energía eléctrica consumida anualmente, se han separado los meses del año en dos grupos: meses de verano y meses de invierno. Esta división trata de reflejar las diferencias de temperatura y luz solar, al igual que el cambio de rutinas o de uso de aparatos que se producen durante ambos periodos del año. En ambos modelos (CELT y CELM) se han tenido en cuenta cuatro meses de verano, de junio a septiembre, y ocho meses de invierno, de octubre a mayo, según establece el CTE.

En ambos modelos (mínimo y teórico) se utiliza la siguiente ecuación para el cálculo del consumo eléctrico anual por cada electrodoméstico i ($C_{i,anual}$ [kWh]).

$$C_{i,anual} = C_{i,verano} \cdot 4 + C_{i,invierno} \cdot 8 \quad (1)$$

donde $C_{i,verano}$ es el consumo eléctrico durante cada mes de verano en kWh y $C_{i,invierno}$ durante cada mes de invierno (kWh), que se calculan de la siguiente manera:

$$C_{i,verano} = P_i \cdot f_{i,verano} \cdot FU_i\,(TH) \quad (2)$$

$$C_{i,invierno} = P_i \cdot f_{i,invierno} \cdot FU_i\,(TH) \quad (3)$$

donde P_i es la potencia del aparato o electrodoméstico i en kW, $f_{i,verano}$ y $f_{i,invierno}$ representan la frecuencia de uso del aparato o electrodoméstico i durante un mes de verano e invierno, respectivamente, en horas de uso al mes, y FU_i (TH) es el factor de uso asociado a cada aparato o electrodoméstico i, que depende del tamaño del hogar (TH, medido por el número de miembros) y, o bien se obtiene a partir de SECH-SPAHOUSEC o SPAHOUSEC II o se realizan hipótesis sobre él.

Se muestran en la Tabla 1 las hipótesis de potencia (P_i) y frecuencia de uso de invierno ($f_{i,invierno}$) y verano ($f_{i,verano}$) que se han utilizado en el Modelo Teórico para el cálculo del consumo eléctrico teórico anual (CELT) dado por las Ecuaciones 1-3. La frecuencia de uso se ha uniformizado en horas por mes (h/mes).

Respecto a los factores de uso (FU) que se han tenido en cuenta en el Modelo de Consumo Teórico (mostrado en [15], todos los factores son constantes, salvo los de la iluminación, que dependen de la

superficie de la vivienda (en este caso se considera en función de superficie media de los hogares en 2019, 103.7 m2, según SPAHOUSEC II). Además, para la estimación del consumo medio de un hogar, se ha tenido en cuenta que hay dispositivos que no se encuentran en todos los hogares; en esos casos se ha multiplicado su consumo medio por la penetración obtenida según diversas fuentes (IDAE y INE). Utilizando el modelo desarrollado, se realiza el sumatorio de las contribuciones de cada uno de los dispositivos considerados y de la iluminación, obteniéndose el Consumo Eléctrico Teórico (CELT) en kWh/año.

Tabla 1. Hipótesis de potencia y frecuencia de uso de los aparatos

Aparato	P_i [kW]	$f_{i,invierno}$ [h/mes]	$f_{i,verano}$ [h/mes]
Cocina (Fogón grande/pequeño)	0.90/0.75	6.0/30.0	3.0/21.0
Horno	0.85	8.0	4.0
Lavadora	1.70	8.0	8.0
Secadora	2.20	6.0	6.0
Frigorífico[1]	0.10/0.08	720.0	720.0
Congelador[2]	0.08/0.064	720.0	720.0
Iluminación[3]	0.024	1587.6	1190.7
Lavavajillas	1.90	8.0	8.0
Tvs	0.255	95.4	95.4
PCs	0.280	68.7	68.7
Otros (Móviles/Tabletas/ Microondas)	0.005/0.020/0.900	60.0/16.0/5.1	60.0/16.0/5.1

Fuente: Elaboración propia

Por último, el modelo CELT se aplicó a la base de datos de hogares de ECODES (DATOS1), que cuenta con dos fuentes de información diferentes:

- DATOS2: Los datos recogidos durante las visitas a los hogares vulnerables (entrevistas cara a cara).
- DATOS3: Datos recogidos por una herramienta web ("autodiagnósticos en línea") [12].

A partir de los resultados obtenidos, se ha evaluado el modelo CELT mediante el análisis de los siguientes indicadores: (1) La mediana del cociente entre el consumo eléctrico real (CELR) y el CELT de cada hogar y (2) la proporción de hogares cuyo CELR es inferior al CELT correspondiente.

Tabla 2. Consumo eléctrico anual (kWh/año) doméstico (CELT), según el número de ocupantes y para el hogar medio, siguiendo el modelo de consumo teórico simplificado.

Nº Ocupantes	1	2	3	4	4+	Media
Cocina	338.02	371.83	405.63	439.43	490.14	388.74
Lavadora	195.84	244.80	310.08	359.04	408.00	275.05
Secadora	53.79	67.24	85.17	98.62	112.07	75.55
Frigorífico	748.80	748.80	748.80	748.80	748.80	748.80
Congelador	148.56	148.56	148.56	148.56	148.56	148.56
Horno	52.43	57.67	62.91	68.16	76.02	60.29
Iluminación	167.02	334.05	501.07	668.09	835.12	412.80
TV	247.86	277.02	306.18	335.34	379.08	291.61
Ordenador	74.56	149.11	223.67	298.23	372.79	184.27
Lavavajillas	109.95	129.94	149.93	179.92	189.91	141.11
Otros	59.78	69.87	79.96	90.05	102.84	74.78
Stand-by	153.76	181.92	211.54	240.40	270.43	196.11
Total	2350.38	2780.82	3233.51	3674.64	4133.76	2997.67

Fuente: Elaboración propia

[1] Se distinguen dos hipótesis de potencia media de los frigoríficos en invierno y verano respectivamente.

[2] Se distinguen dos hipótesis de potencia media de los congeladores en invierno y verano respectivamente.

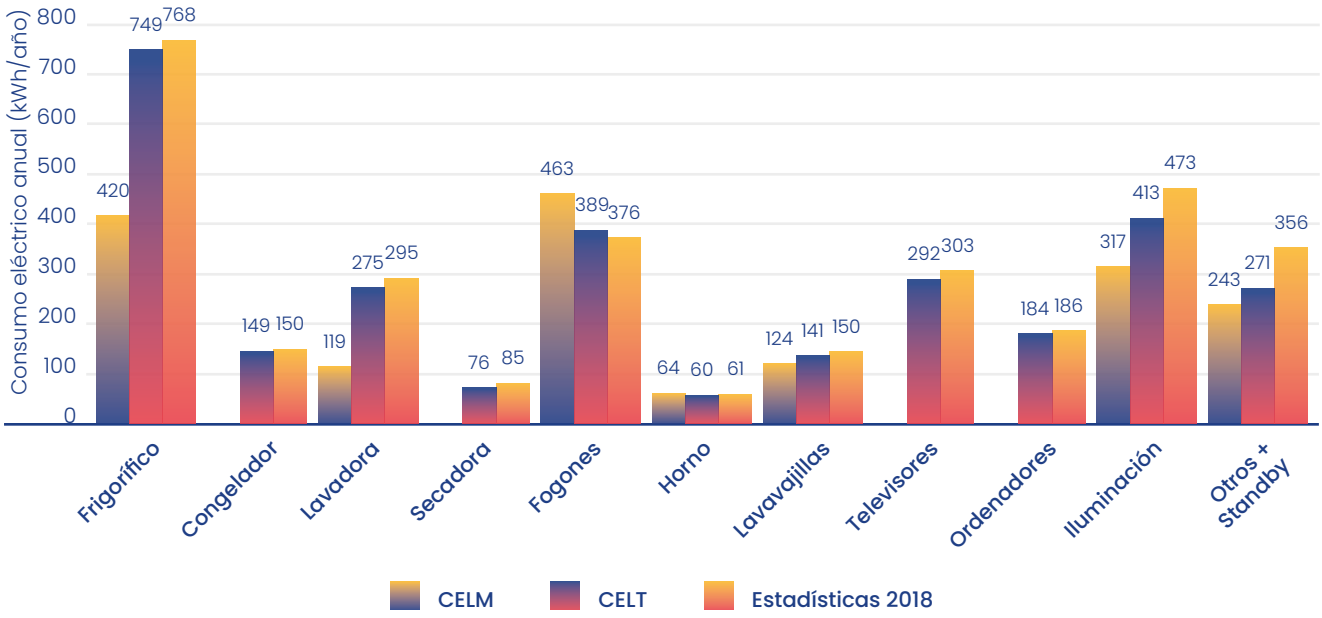
[3] Las hipótesis de potencia media y las frecuencias de uso de invierno y de verano de la iluminación se obtienen de calcular la media ponderada de las mismas.

4. Resultados

En la Tabla 4 se muestra el valor final obtenido de la suma de todas las contribuciones al consumo eléctrico en un hogar, según el número de ocupantes y para el hogar medio, así como los valores parciales de las diferentes contribuciones.

La Fig. 1 muestra el consumo anual de los electrodomésticos para el "hogar medio de 2019" (véase la sección 3) calculado utilizando, respectivamente, los modelos CELM y CELT, y los compara con los valores estadísticos presentados en [16].

Figura 1. Comparación entre el consumo anual de los aparatos para el "hogar medio de 2019" en los modelos CELM y CELT, y los valores estadísticos de [16]



Fuente: Elaboración propia

Las principales diferencias entre los dos modelos se deben a las hipótesis realizadas sobre la potencia y la frecuencia de uso de los electrodomésticos, que reflejan el diferente objetivo del modelo CELT. Por otra parte, los resultados del modelo CELT son muy comparables con los valores estadísticos de [16], que presenta un consumo eléctrico medio anual de los hogares igual a 3203 kWh.

la Tabla 3 muestra los resultados del cálculo de los dos indicadores elegidos para llevar a cabo la validación del modelo CELT.

Tabla 3. Valores de los indicadores del proceso de aplicación del modelo a la muestra según el grupo de datos seleccionado.

Grupo de datos	Indicador (1)	Indicador (2)
DATOS1	0.81	62%
DATOS2	0.79	65%
DATOS3	0.89	57%

Fuente: Elaboración propia

Los resultados de la Tabla 3.1 indican que hay una diferencia mínima entre los parámetros estadísticos de los dos primeros grupos de la base de datos. Esto ocurre principalmente porque los datos de la herramienta web son sólo el 29% de DATOS1. Sin embargo, comparando DATOS2 y DATOS3, se puede observar que los hogares visitados por ECODES consumen menos electricidad en comparación con el valor teórico que los que hicieron el autodiagnóstico online. En resumen, la muestra global tiene medianamente un consumo eléctrico real inferior al consumo eléctrico teórico correspondiente, y esta diferencia es mayor en los hogares visitados por la ONG.

5. Reflexión final

En conclusión, este estudio proporciona una metodología novedosa para caracterizar las necesidades de electricidad de los hogares españoles, que se integrará en un paquete de modelización del consumo energético orientado específicamente a los

estudios de pobreza energética. En última instancia, el modelo presentado podría ayudar a las partes interesadas en la pobreza energética a comprender mejor las necesidades de electricidad de los hogares vulnerables y a mejorar la actual tarifa social de la electricidad.

En promedio, el consumo real de electricidad de las familias de ECODES es moderadamente inferior al consumo teórico modelado. Esta diferencia se incrementa al considerar sólo los hogares atendidos por la ONG, lo que confirma su condición de vulnerabilidad. Por un lado, las familias de la base de datos de ECODES son en su mayoría hogares vulnerables, por lo que previsiblemente tienden a utilizar menos los aparatos que las "familias de ingresos medios" por la preocupación que les produce la factura. Por otro lado, la diferencia de consumo no es muy elevada porque suelen poseer electrodomésticos poco eficientes y de mayor potencia.

Trabajos en desarrollo [15] están simulando el consumo de electricidad por hora y aplicando los precios de la electricidad del mercado regulado (PVPC), con el fin de calcular el "Gasto eléctrico teórico". Además, en el modelo TELC podrían incluirse variables adicionales, como la composición de los hogares y los patrones de consumo. Estas nuevas variables podrían permitir tener en cuenta la perspectiva de los cambios de comportamiento, en relación con la nueva factura, estimando así el ahorro potencial. Además, otros trabajos podrían evaluar el impacto de los programas de subvención para la renovación de electrodomésticos en el gasto eléctrico de los hogares vulnerables.

Referencias

- [1] Ministerio para la Transición Ecológica, Estrategia Nacional contra la Pobreza Energética 2019-2024, 2019. https://www.miteco.gob.es/es/prensa/estrategianacionalcontralapobrezaenergetica2019-2024_tcm30-496282.pdf.
- [2] G. García Alvarez, R.S.J. Tol, The Impact of the Bono Social de Electricidad on Energy Poverty in Spain, Brighton, 2020. https://www.sussex.ac.uk/webteam/gateway/file.php?name=bonosocial--working-paper.pdf&site=24 (accessed June 23, 2020).
- [3] Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), Proyecto SECH-SPAHOUSEC. Análisis del consumo energético del sector residencial en España. Informe Final, 2011. https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_Informe_SPAHOUSEC_ACC_f68291a3.pdf.
- [4] Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía (IDAE), Consumo para usos y energías del sector residencial (2010-2018). 11a Edición. Junio 2020, 2020. https://www.idae.es/sites/default/files/estudios_informes_y_estadisticas/cons_usos_resid_eurostat_web_2010-18_ok.xlsx.
- [5] P. Escobar, E. Martínez, J.C. Saenz-Díez, E. Jiménez, J. Blanco, Modeling and analysis of the electricity consumption profile of the residential sector in Spain, Energy Build. 207 (2020) 109629. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2019.109629.
- [6] M.A. López-Rodríguez, I. Santiago, D. Trillo-Montero, J. Torriti, A. Moreno-Munoz, Analysis and modeling of active occupancy of the residential sector in Spain: An indicator of residential electricity consumption, Energy Policy. 62 (2013) 742–

751. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.07.095.

- [7] E.J. Gago, J.O. García, A.E. Estrella, Development of an energy model for the residential sector: Electricity consumption in Andalusia, Spain, Energy Build. 43 (2011) 1315–1321. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2011.01.016.
- [8] A. Capasso, R. Lamedica, A. Prudenzi, W. Grattieri, A bottom-up approach to residential load modeling, IEEE Trans. Power Syst. 9 (1994) 957–964. https://doi.org/10.1109/59.317650.
- [9] A. Ramokone, O. Popoola, A. Awelewa, An intelligent approach for assessing occupancy and occupant-related activities impact on residential electric load profiles, in: 2020 Int. Conf. Artif. Intell. Big Data, Comput. Data Commun. Syst., 2020. https://doi.org/10.1109/icABCD49160.2020.9183881.
- [10] M. Muratori, M.C. Roberts, R. Sioshansi, V. Marano, G. Rizzoni, A highly resolved modeling technique to simulate residential power demand, Appl. Energy. 107 (2013) 465–473. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2013.02.057.
- [11] Reluce - ECODES - Tiempo de actuar, (n.d.). https://ecodes.org/hacemos/energia-y-personas/innovacion-social-sobre-la-energia/reluce (accessed September 15, 2020).
- [12] Pobreza energética | Ni un hogar sin energía, (n.d.). https://niunhogarsinenergia.org/ (accessed October 8, 2020).
- [13] E. Arenas Pinilla, R. Barrella, J.I. Linares Hurtado, J.C. Romero Mora, Caracterización del comportamiento energético en una muestra de hogares españoles., (2019). https://ecodes.org/documentos/analisis_politicas_palanca_uso_eficiente_energia_hogares.pdf.
- [14] R. Barrella, J.I. Linares, J.C. Romero, E. Arenas, E. Centeno, Does cash money solve energy poverty? Assessing the impact of household heating allowances in Spain, Energy Res. Soc. Sci. 80 (2021) 1–18. https://doi.org/10.1016/J.ERSS.2021.102216.
- [15] E. Arenas Pinilla, R. Barrella, Á. Cosín López-Medel, J.I. Linares Hurtado, J.C. Romero Mora, Desarrollo de un modelo de cálculo de gasto eléctrico teórico en los hogares españoles, 2020. https://ecodes.org/images/que-hacemos/03.Energia_y_personas/pdf/Desarrollo_modelo_calculo_gasto_electrico_teorico_en_hogares.pdf.
- [16] D. de P. y Estudios., Informe Sintético de Indicadores de Eficiencia Energética en España. Ano 2017., (2019) 1–6. file:///C:/Users/lfben/Desktop/Dinter/Watch Folder - Mendeley UPC/15. 11 de outubro de 2019/ficha_sintesis_ee_2017_230719_accesib.pdf.

Mesa 6

Nicolás Sanz / Moderador

Nicolás Sanz Ernest ha realizado sus estudios en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de ICAI-UPCO, con especialidad en Organización Industrial, donde se graduó en 1999. En IMD en Lausana, Suiza desarrolló el Program for Executive Development (PED) en la Universidad de Oxford Scenario Planning y en Singularity University el Executive Program.

Es Socio de Kearney, pertenece a la práctica Industrial e Ingeniería y tiene más de 22 años de experiencia en la industria de automoción y consultoría. Sus áreas de especialización son la competitividad, mejora de eficiencia y transformación de modelos de negocio y, estrategias de crecimiento orgánico y M&A en las industrias orientadas a programas y proyectos, principalmente en los sectores de Automoción, Aeroespacial y Defensa, e Industrial.

Nicolas ha trabajado en más de 15 países a lo largo de su carrera profesional. Antes de ingresar en Kearney, Nicolás Sanz trabajó como consultor y líder del sector industrial en una compañía de consultoría internacional y en un fabricante de componentes de automoción del Grupo Total

Mesa 6 / Ponencia 1

SUBJETIVIDAD Y CONCIENCIA

José Ángel Ceballos-Amandi. *Coordinador de ética de las profesiones. Universidad Pontificia Comillas. Miembro de Honor de la Asociación Nacional de Ingenieros del ICAI.*

Pretender anticipar cuáles sean los retos que nuestra sociedad deberá afrontar en los próximos cien años constituye, sin duda, un reto en sí mismo. Pero sí puede asumirse razonablemente que dichos retos serán, en buena medida, consecuencia de nuestras decisiones, acciones y omisiones actuales.

Por eso resulta razonable y prudente afrontar el futuro sin perder de vista el pasado. Esto, naturalmente, no significa quedar anclado en él. Pero sí ser conscientes de que, junto a las consecuencias buscadas por nuestras decisiones, con frecuencia, aparecen otras, a las que se prestó poca o ninguna atención, y que acabaron por convertirse en el núcleo del siguiente problema.

Naturalmente, siempre habrá quien nos diga que así se construye el progreso. Y, ciertamente, este proceso es hasta cierto punto inevitable. Pero ello no nos exime de poner los medios para, si no evitar, al menos minimizar estas situaciones y su gravedad.

Pocos colectivos profesionales hay con mayor conciencia de la extraordinaria progresión tecnológica a la que hemos asistido desde que en 1908 fuera fundado el Instituto Católico de Artes e Industrias. No sólo porque, como profesionales de la Ingeniería, los egresados del ICAI lo han vivido en primera línea. Sino también porque en no pocos casos, han sido protagonistas de algunos hitos de esa historia. Y hoy en día, son también numerosos los que están im-

plicados en la primera línea de nuevos desarrollos. Esto, inevitablemente, nos predispone a una gran fe en el desarrollo tecnológico. Pero no es menos cierto que puede inducir a algunas falsas ideas, de las que me gustaría comentar tres.

Probablemente, la primera de ellas es asumir que la base del desarrollo de la sociedad lo constituye la tecnología. Esta idea no deja de ser un trasunto de aquella otra que centra dicho desarrollo en la economía, o si se prefiere, lo económico.

Naturalmente, tanto lo económico, como lo tecnológico, son elementos coadyuvantes al desarrollo social. Pero supondría un grave error considerar que constituyen el motor primario. En contra de lo expresado por Marx, cuando afirma que a través de la producción de sus medios de vida, el ser humano produce indirectamente su propia vida material[1], debe afirmarse que toda condición material presupone necesariamente la existencia de la libertad por parte de cada sujeto. Pero no la libertad entendida como mera indeterminación. Sino como la posibilidad que cada sujeto tiene de construirse a sí mismo conforme a su propio proyecto vital. Naturalmente no estamos haciendo aquí referencia a la posibilidad de cambiar la materialidad de aquello en lo que uno consiste. Sino a la propia configuración moral[2].

Pretender un desarrollo social a partir de condiciones meramente materiales, como son la tecnología, o la economía, someten a la improvisación, o a la manipulación ideológica más burda, las consideraciones que finalmente condicionarán la dignidad humana misma. Por consiguiente, se requiere partir de una reflexión rigurosa sobre el concepto mismo de lo humano y su dignidad. Para, consecuentemente, poder valorar adecuadamente lo que conviene o no para su preservación. Si se anteponen las condiciones materiales, serán estas las que determinen la concepción y consecuente relevancia de lo estrictamente humano. Y se correrá siempre el riesgo de que las decisiones tocantes al desarrollo social se tomen desde la búsqueda del beneficio de quienes toman o inducen dichas decisiones.

Dicho de otra manera. Si no se parte de una visión antropológica que respete la dignidad de la persona en todas sus facetas, que a su vez constituya el referente que oriente el desarrollo social, el desarrollo tecnológico acabará por convertirse en un fin en sí mismo, con la consiguiente deshumanización. No debemos perder de vista que tecnología y economía constituyen inevitablemente dos caras de la misma moneda.

> *Si no se parte de una visión antropológica que respete la dignidad de la persona [...], el desarrollo tecnológico acabará por convertirse en un fin en sí mismo, con la consiguiente deshumanización.*

La segunda idea que bien pudiera asaltarnos es que la tecnología realmente puede suplir funciones que hasta ahora se han considerado patrimonio exclusivo de los seres humanos: ¿es realmente posible que un sistema pueda pensar, aprender, o decidir? Es decir, cuando hablamos de un sistema autónomo, ¿hasta qué punto la idea de autonomía es equiparable a lo humano? Realmente la cuestión aquí depende de las definiciones que establezcamos para delimitar el contenido de las acciones en cuestión. Y en este sentido, muy bien pudiéramos concluir que la respuesta a la pregunta es sí.

Ahora bien, si para responder a la pregunta anterior partimos de un análisis en profundidad de lo que di-

[1] "Indem die Menschen ihren Lebensmittel produzieren, produzieren sie indirekt ihr materielles Leben selbst". Die deutsche Ideologie, p. 21; vol. III de las Obras de Marx y Engels, edic. del Instit. für Marx-Leninismus. Berlín.

[2] Cfr. J. L. Martínez, Moral social y espiritualidad. Una co(i)nspiración necesaria. Santander, 2011. Sal Terrae, p. 14.

chas acciones significan en el ser humano, la cosa se nos complica. Porque pensar, aprender, o decidir, no son operaciones mecánicas cuantitativas. Por el contrario, es todo el ser humano el que se implica en ellas: corporalidad e inteligencia. De ahí que unas condiciones somáticas, o afectivas, adversas dificulten, hasta el grado de imposibilitar, la actividad intelectual.

Y por otro lado, el aprendizaje humano no se constituye como una mera acumulación casuística de la que echar mano para resolver nuevas situaciones. Sino que en él se implican, ciertamente la memoria y la experiencia, pero también la creatividad y la valoración desde las propias creencias y valores: la opción más eficiente, no es necesariamente la mejor.

¿Pero qué significa la mejor? Esta cuestión se vuelve extraordinariamente compleja, porque pertenece a la categoría de cuestiones, cuya respuesta no es evidente: de ahí que distintos sujetos puedan llegar a diferentes conclusiones. Esto no significa necesariamente que todas las conclusiones sean igualmente válidas. Sino que, al no tratarse de respuestas evidentes, en función de los presupuestos adoptados, podemos llegar a conclusiones verdaderas -que se ajustan a la realidad de lo valorado-, o falsas -que toman lo que es, por lo que no es-.

No debe perderse de vista que algo sólo puede ser bueno y malo a la vez, y bajo el mismo punto de vista si, de hecho, su valor real es inexistente. En cuyo caso, el valor que se le reconozca dependerá en cada caso del reconocimiento sociocultural vigente. Pero esto implicaría que las valoraciones éticas carecen de consistencia real. Se trataría de meras convenciones sociales. En cuyo caso no existiría ningún referente real -evidente o no- a la hora de considerar qué sea justo o injusto, bueno o malo, o si algo respeta, o no, la dignidad humana.

Se trata por tanto de operaciones que implican al sujeto en su totalidad y de las que el sujeto es consciente. Es decir, no sólo decide, sino que sabe que está decidiendo, y es consciente del riesgo de error que asume. De ahí que haya personas a las que este tipo de decisiones llegue a producirles angustia -no hablamos de estados patológicos-, en la medida en que son capaces de anticipar una mayor profundidad de implicaciones a partir de su decisión.

El hecho de tomar decisiones ignorando deliberadamente las posibles consecuencias de dichas decisiones sobre otras personas, impidiendo así que esto influya en el proceso decisorio, podrá quizá considerarse eficiente desde ciertos puntos de vista. Pero es sin duda inhumano. No sólo por los efectos que la decisión pudiera tener sobre las personas afectadas por ella. Sino también, y en primer lugar, por el efecto deshumanizador que tal tipo de actos tiene en el mismo sujeto que los realiza. Naturalmente esto no significa que una persona no pueda hacerlo. Pero también en este caso la diferencia es absoluta: el ser humano puede actuar así si desea hacerlo. Esto es, si quiere hacerlo. En el ser humano, el concurso de la voluntad es imprescindible e inevitable. Y ello porque inteligencia y voluntad se complican necesariamente en la racionalidad humana.

No puede perderse de vista que en cada persona, el sujeto de la vida profesional y el de la vida personal -familiar, social, etc.-, es el mismo. Y en este sentido no caben los compartimentos estancos. Los hábitos de comportamiento que se desarrollan en un ámbito inevitablemente afectan a los otros. Porque el sujeto del hábito no es el ámbito de su desarrollo, sino la persona misma. Y cada persona es inevitablemente, el resultado de los hábitos que libremente desarrolla a lo largo de su vida.

En conclusión, por tanto, la tecnología puede simular cuantitativamente, operaciones como pensar, aprender o decidir. Y ello con tal grado de perfección, que para el observador externo pudiera parecer que se trata realmente de reflexiones, aprendizajes, o decisiones humanas. Pero en la medida en que no se trata de un pensar, aprender, o decidir conscientes -en el sentido de lo dicho antes: el sujeto no sólo realiza la operación, sino que es consciente de que la está haciendo y de sus implicaciones-, no se trata de un verdadero pensar, aprender o decidir. Y, de hecho, detrás de los criterios que la máquina utiliza para ello, estará siempre -de manera inmediata o mediata- la mano humana. O, dicho de otra manera, el sistema parece decidir, pero los parámetros para hacerlo -directa o indirectamente- le han sido dados, porque al carecer de conciencia, no sabe lo que está haciendo o decidiendo. Como diría un castizo, hace lo que sabe, pero no sabe lo que hace.

No hemos de perder de vista que sistemas de este tipo, constituyen de hecho una extraordinaria herramienta, ya se trate de vehículos, o de cualquier otra

aplicación. Pero ni pueden ser considerados verdaderos sustitutos de lo humano, ni sus operaciones pueden ser confundidas con las humanas que emulan.

La tercera cuestión guarda estrecha relación con la anterior, pero invierte los términos: ¿podría llegar a modificarse la naturaleza humana mediante la tecnología?

> *¿podría llegar a modificarse la naturaleza humana mediante la tecnología?*

Se trata de un planteamiento cada vez más difundido, animado quizá por el desarrollo de los productos sanitarios implantables activos, como los implantes cocleares. Pero las aspiraciones, hoy en día, van mucho más allá.

Tanto da si el objetivo es mejorar o facilitar ciertos procesos relacionados con la propia voluntad, libertad y libre albedrío, facilitando así la resolución de problemas, conflictos, e incluso dilemas éticos, o cualesquiera otros. El hecho es que debe distinguirse entre dispositivos que ayudan o refuerzan actividades que el sujeto no es capaz de realizar normalmente por una deficiencia orgánica, como un marcapasos, o los mencionados implantes cocleares-, y la modificación de funciones intelectuales o volitivas.

Este último aspecto, vinculado a lo antes comentado a propósito de la inteligencia artificial, adolece de las mismas limitaciones que se han comentado anteriormente. Y por decirlo resumidamente, giran entorno a que las operaciones racionales -relativas a la inteligencia y la voluntad- en ningún caso son reductibles a su base orgánica. O por decirlo de otra manera, si bien es cierto que sin neuronas no podemos pensar, y que paralelamente a la actividad intelectual se pueden registrar diferencias de potencial en las neuronas, no pensamos con las neuronas. De forma que un concepto no es un producto físico generado por el cerebro.

En el caso de los implantes cocleares, un transductor transforma las señales acústicas en eléctricas, de manera que el nervio auditivo resulte estimulado. Pero en ningún momento deja de presuponerse la capacidad de comprensión del sujeto, tanto en su aspecto meramente orgánico, como intelectual. En el caso de las funciones racionales mismas, es precisamente este aspecto el que está en cuestión.

Al igual que el implante coclear ayuda a oír, pero no constituye por sí mismo la capacidad de audición misma -esta es patrimonio del sujeto-, en el caso de las posibles aplicaciones neurológicas de la inteligencia artificial, podríamos alcanzar quizá modos de ayudar al sujeto a realizar determinadas operaciones. Pero nunca a constituir tales operaciones como tales. Y ello por la peculiaridad del sujeto humano.

Lo que hace que el sujeto humano sea lo que es, viene dado por la peculiar estructura de este. Dicha estructura es el resultado de una racionalidad cuyas operaciones son inmateriales -una idea, un querer-, pero que se da incorporada. Es decir, tan connatural al ser humano es su racionalidad, como su corporalidad. Pero no al modo de un fantasma en una máquina, -o una canica en una caja de zapatos- sino constituyendo una única realidad.

Así, la racionalidad y la corporalidad no constituyen dos partes del ser humano, sino facetas, en el sentido literal del término: caras de la misma piedra. Por eso un aspecto resulta indistinguible del otro. Y por eso pretender controlar la totalidad del sujeto desde una de las facetas está abocado al fracaso. Es posible, eso sí, alterar estados de conciencia -afectando la base orgánica-, pero no constituirlos *ex nihilo*.

Puestos a cuestionarnos ahora la posibilidad de la modificación de la naturaleza humana, se hace necesario en primer lugar, determinar qué se entiende aquí por naturaleza humana. Y en este sentido es necesario aclarar que el concepto de naturaleza, en el sentido en que se utiliza en esta expresión no significa la base natural orgánica del ser humano. Si así fuera, la respuesta no revestiría mayor complicación por evidente. Lejos de esto, la naturaleza humana hace referencia a lo específico y peculiar del ser humano como tal. Es decir, a esa realidad sin fisuras, ni partes, que integra lo biológico, lo afectivo y lo intelectual y lo volitivo, en una unidad inseparable, donde todas las facetas afectan y son afecta-

das entre sí, de manera inevitable. Y giran entorno a un elemento central, que es la conciencia que el sujeto tiene de sí mismo, aunando todas sus facetas.

Esa es la explicación de que en no pocas ocasiones, nuestra conducta constituya motivo de perplejidad para nosotros mismos, de que los estados de ánimo se vean afectados por nuestro estado biológico -o al revés-, o de que estos puedan dificultar nuestra actividad intelectual. No se trata de partes al estilo de módulos, y por tanto alterables o intercambiables por otros análogos, sin alteración del conjunto. Por eso *lo específicamente humano* puede ser simulado artificialmente, pero no sustituido. Podemos hacer que algo parezca humano, pero no que lo sea, porque eso escapa por completo a nuestra capacidad. Y no es posible hacerlo por la sencilla razón de que no somos humanos porque nosotros lo hayamos decidido. O por decirlo de otra manera, podemos alterar nuestro aspecto físico, o incluso nuestros estados mentales. Pero la decisión de ser humano, o de dejar de serlo, no nos compete. Dado que la totalidad de las decisiones y acciones que podamos tomar o realizar, así como las intenciones o deseos que podamos tener son posibles, precisamente, porque *de entrada*, somos humanos.

De nosotros depende *qué hacer con nuestra humanidad*. Es decir, si actuar en coherencia con el respeto que merece tal condición -la de ser consciente de la propia realidad, y poder decidir el propio comportamiento en consecuencia-, o todo lo contrario. Esto es, en definitiva, la dignidad humana: el respeto requerido por un sujeto consciente de sí mismo, y de su propia realidad; y capaz de decidir su propia conducta. Subjetividad y conciencia.

Por ello, una de las paradojas de la condición humana es que estamos dotados de la capacidad de comportarnos de manera inhumana, precisamente gracias a nuestra condición humana, que no nos es posible abandonar, salvo dejando de existir.

En consecuencia, lo complejo -y apasionante- de esta condición es que las posibilidades de la conducta humana excluyen cualquier tipo de limitación. Es decir, no hay ningún comportamiento para el que un ser humano esté imposibilitado por naturaleza. Naturalmente no hablamos de volar como un pájaro, sino de conductas. El ser humano es tan capaz de jugarse la vida por salvar a un desconocido, como de comérselo. La cuestión estriba en ser capaces de determinar cuál es el comportamiento deseable en cada caso, porque posibles son todos y, de hecho, con toda probabilidad habrá habido casos de todos ellos.

Por eso, el comportamiento *de hecho* no constituye, ni puede constituir, un criterio válido para determinar lo que debe ser hecho. O, dicho de otra manera, que algo se haya hecho antes, e incluso que se haga de manera generalizada, no significa que sea bueno hacerlo. Entendiendo por *bueno* que respeta la antedicha dignidad.

Se pone aquí de manifiesto otro rasgo de la condición humana: la capacidad de elegir y decidir su propia pauta de conducta, con independencia de que sea buena o mala, o de cómo sea percibida. Se trata del *libre albedrío*, que en ningún caso debe confundirse con algún tipo de indeterminación, o elección aleatoria. Otra cosa es que los motivos que llevan a una elección puedan ser de la más diversa índole, racionales o no.

Al hilo de este breve recorrido por algunas características de lo humano, parece oportuno mencionar aquí el hecho de que la naturaleza de las acciones realizadas por un sujeto dista mucho de ser irrelevante. Y ello obedece también a la peculiar de la estructura de la subjetividad humana.

Como ya se ha indicado anteriormente, el ser humano podría describirse como una *racionalidad in-corporada* -o como un *animal racional*-. De ahí que tan erróneo resulte prescindir de una faceta como de la otra: ni lo humano se agota en una racionalidad "adherida" accidentalmente a un cuerpo, ni en un mero cuerpo biológico con funciones adicionales peculiarmente complejas.

Y esto es relevante porque el carácter reiforme[3] del ser humano también condiciona su existencia. De entrada, establece necesidades de sustento y conservación -aunque esto en ningún caso justifica su

[3] Del término latino res, en el sentido de cosa material. La expresión en el sentido en que aquí se utiliza fue acuñada por el filósofo español Antonio Millán Puelles (1921-2005) para referirse al aspecto estrictamente material de la condición humana, por oposición a su faceta espiritual. Cfr. por ejemplo su obra La Estructura de la Subjetividad, en Obras Completas vol. IV, Rialp, Madrid, 2014 (19671).

consideración como mera fuerza productiva, como hace Marx-, que no se darían en el caso de una entidad inmaterial. Y también condiciona su propio desarrollo, imponiendo un proceso de crecimiento y maduración, que afecta a todas las facetas de la propia vida.

Esto impone que el desarrollo del humano tenga lugar mediante una relación peculiarísima entre la subjetividad y el tiempo. Por una parte, el ser humano es capaz de hacer planes. Esto es, de proyectar su vida en el tiempo, en términos de intenciones, deseos y previsiones. De forma que aun si un sujeto decidiese vivir su vida día a día, sin previsión alguna, tal modo de vida vendría configurado por su propia decisión consciente.

Pero, además, el tiempo vivido no constituye una circunstancia externa y ajena al propio sujeto, sino que queda incorporado, configurando la propia subjetividad. Ningún instante vivido es ajeno a la subjetividad resultante. O por decirlo de otra manera, todo ser humano se hace a sí mismo en un sentido literal, mediante el desarrollo de los hábitos que adquiere y desarrolla a lo largo de su vida, y que son el resultado de cada decisión y acción, puntualmente y en su conjunto.

Uno no nace trabajador o vago, sincero o mentiroso. Uno se hace a sí mismo trabajador o vago, sincero o mentiroso -o cuales quiera otros ejemplos-, en función de su comportamiento habitualizado. Entendiendo aquí por hábito, una cierta facilidad para hacer algo, adquirida mediante la repetición de actos del mismo tipo.

Esto no significa que el desarrollo de un hábito implique la desaparición del esfuerzo inherente a la acción referida. Todos tenemos la experiencia de que por mucho hábito de estudio que se posea, el hecho de estudiar requiere un esfuerzo. Pero no deja de ser cierto que, sin ese hábito, el esfuerzo requerido es indudablemente mayor.

En este sentido, los hábitos no condicionan irreversiblemente. Y, de hecho, pueden ser modificados si el sujeto se lo propone. Pero es muy importante tener presente que el resultado final del carácter moral que un sujeto se forja es en buena medida el resultado de los hábitos desarrollados a lo largo de su vida. Y en este sentido, todo ser humano se constituye en trabajo para sí mismo. Y precisamente por esto, la relación entre las acciones que cada sujeto realiza, y el respeto o detrimento que dichas acciones impliquen con respecto a la dignidad de las personas -empezando por el mismo sujeto-, constituye la piedra angular de la construcción de la propia subjetividad.

Y es precisamente este el motivo por el que puede afirmarse que el comportamiento ético es aquel que *conviene* a la naturaleza humana. Es decir, el que viene requerido por ella, porque respeta la *dignidad*, tanto del sujeto que lleva acabo la acción, como de los que la reciben.

En todo caso, en la medida en que el ser humano es un animal que piensa, su realidad es irreductible a la de cualquier otro animal. Una inteligencia *que siente* es en definitiva una inteligencia *reiforme*. Y por eso el ser humano está siempre en proceso de hacerse a sí mismo.

Esto constituye una limitación, pero también una oportunidad, porque toda vivencia contribuye a la construcción de uno mismo. De ahí que el valor ético de las acciones personales nunca puede ser irrelevante. Y por eso, utilizando un símil gastronómico, la ética en el comportamiento -profesional o no-, no puede considerarse nunca como la guinda que adorna el pastel de la propia vida. Ha de ser necesariamente la harina que constituye su masa, o no será en absoluto.

A modo de conclusión de esta tercera cuestión, podemos decir que la naturaleza humana dista mucho de constituir un rasgo puntual del ser humano, al modo en que lo son sus rasgos o características físicas. La naturaleza humana es precisamente lo que constituye al hombre como tal. De forma que, si llegara a ser posible modificar dicha naturaleza, el resultado no sería en absoluto un ser humano.

Otra cosa es que la incorporación de ingenios cibernéticos, mecánicos o químicos, darán como resultado un ser humano con elementos cibernéticos, mecánicos o químicos. Pero ser humano, a fin de cuentas. Incluso aunque dichos elementos alteren sus estados o grados de conciencia. En este sentido, y con independencia de que los mencionados elementos mejorasen o empeorasen al sujeto, en absoluto alterarían su naturaleza.

> *La naturaleza humana es precisamente lo que constituye al hombre como tal [...] si llegara a ser posible modificar dicha naturaleza, el resultado no sería en absoluto un ser humano.*

A modo de conclusión, podemos afirmar que experiencias como el hecho de la discontinuidad de la conciencia humana pone de manifiesto la existencia de una realidad reiforme, opaca a la reflexión del entendimiento, en el núcleo mismo de la esencia humana. Esta realidad –la existencia de una esencia compuesta de cuerpo y espíritu, como partes que se necesitan recíprocamente–, implica una peculiar intimidad en el ser humano, que precisamente por ello, se constituye como un animal racional. Pero además se pone de manifiesto la relevancia ontológica del cuerpo humano.

Como animal racional, el hombre es un ser dotado de las limitaciones y necesidades de toda realidad animal, pero a la vez es poseedor de una apertura trascendental que le permite, en lo que se refiere al entendimiento, estar abierto a la intelección de la totalidad de lo real. Y en lo que se refiere a la voluntad, está capacitado para querer todo bien. La apertura del entendimiento humano a todo ser -que constituye una forma de libertad trascendental- se complementa con la apertura humana a toda forma de bien concreto, que como tal es previamente entendido por el entendimiento.

De esta forma, si bien el fundamento estriba en su racionalidad, puede decirse también que la clave funcional de la diferencia entre el animal racional y el no racional puede ser expresada en términos de la libertad del primero, puesto que, que al estar abierto a todo ser y ser capaz de hacer objeto de su voluntad todo bien concreto que como tal se le presente.

Naturalmente, la manifestación quizás más significativa, en la práctica, de esta libertad es la capacidad de elegir, la libertad de arbitrio. Pero con esta forma de libertad no se alude ni a la fundamental ni a la más relevante de las libertades de que el ser humano está dotado. Esto es, la autoposesión. O si se prefiere, el protagonismo de las propias operaciones y de la propia vida. Frente a ello, el animal no racional es, en cuanto movido por el instinto, juguete de su naturaleza y actor de una biografía en la que él mismo no es protagonista, sino soporte ocasional.

Dada su condición sintética de animalidad y racionalidad, se entiende que la existencia de la persona humana tenga caracteres que la distinguen, tanto de la de los meros animales, cuanto de lo que sería un *espíritu puro*. En particular, a pesar de su componente animal, que indudablemente determina su existencia por obligarle a satisfacer –inexorablemente– determinadas necesidades de índole material, el hombre no está determinado en cuanto a su comportamiento. Por decirlo de manera castiza, a diferencia del animal no racional, el racional es capaz de hacer *lo que le da la gana*, precisamente por serlo. A ello le abre precisamente la libertad de elección, o libre albedrío. Ahora bien, precisamente por la ausencia de determinaciones en cuanto a su comportamiento, ese *lo que le da la gana* puede ser acorde o discorde con lo que *conviene* a la naturaleza humana misma, en el sentido de *concordar* con ella y serle coherente.

Dicho de otra manera, puesto a emitir su conducta, el ser humano puede optar en cada situación concreta por someter los impulsos de sus pasiones a su racionalidad, o bien puede optar por dejarse arrastrar por ellas. Es evidente que la primera opción conlleva un esfuerzo personal del que está exenta la segunda. Precisamente por eso, si uno opta por la primera puede tener la impresión de que ha ganado en libertad –ha hecho *lo que le ha dado la gana*–, cuando en realidad la ha perdido, dado que el dominio que sobre él han ejercido sus pasiones le han privado de la oportunidad de ser dueño de sí mismo. Dejarse llevar por las propias pasiones significa perder el dominio sobre sí mismo.

En otros casos, la aludida elección puede consistir en decidir entre actuar para la mera y exclusiva satisfacción de los intereses propios, o para dar un paso más allá, contribuyendo al bien común. Ya sea cediendo, ya sea sin ceder de los propios intereses. La diferencia, en este caso –por completo diferente del relativo al dominio que el sujeto pueda tener, o no, sobre sus pasiones–, se cifra en la que hay entre actuar de manera coherente con las respectivas aperturas trascendentales de entendimiento y voluntad, y, por otro lado, actuar exclusivamente en función de lo más estrecho y cerril del comportamiento humano posible, que es el egoísmo.

De esta forma –en función de la respuesta que se dé a los dos tipos de alternativas recién expuestas–, se puede constituir la libertad moral, como resultado del uso positivo que, desde el punto de vista de las virtudes morales, se haga del libre albedrío. La libertad moral, a diferencia de las libertades trascendentales de entendimiento y voluntad, que son innatas (de modo que en sí mismas ni incrementan ni disminuyen la dignidad básica del sujeto), incrementa la dignidad humana del sujeto y, por lo tanto, es algo adquirible por el ser humano.

Ahora bien, hasta qué punto las necesidades físicas que la reiformidad impone al ser humano son realmente compatibles con la libertad, es algo que merece ser analizado. En efecto, la reiformidad –el carácter de cosa que la *corporeidad* hace presente– impone al ser humano la insoslayable satisfacción de una serie de necesidades materiales sin las cuales no sería posible su supervivencia. Pero esas necesidades, consecuencia de la corporeidad, difieren en su raíz misma de las propias del animal no racional. Y difieren porque la propia reiformidad humana está empapada de libertad.

Este contraste entre reiformidad y libertad se traduce en la indeterminación característica de todas las necesidades humanas, como antes se ha señalado. Mientras que en el animal no racional las necesidades se presentan siempre de manera concreta, de forma que el animal parece saber perfectamente lo que tiene que hacer, en el caso humano, por el contrario, la necesidad física se presenta con tal grado de indeterminación que obliga al hombre a *gestionarla*. Es decir, debe decidir cuándo, dónde o cómo satisfacerla, si es que quiere hacerlo. Naturalmente el animal verdaderamente no sabe qué debe hacer. Es su instinto, entendido como *principio de comportamiento fijo*, quien se lo dicta. Pero en el caso del ser humano precisamente en virtud de esa indeterminación, resulta extremadamente difícil establecer una lista de necesidades humanas *naturales*, porque lo *natural* en el hombre no se agota, ni mucho menos, en lo impuesto por la biología, sino que es, en todo caso, mediado por la racionalidad, y ampliamente acrecido por ella. Por eso no hay nada anómalo en que en el ser humano la necesidad biológica de nutrirse dé lugar a la gastronomía. O se dé la *necesidad* de vestir a la moda. No sólo no es anómalo –en el sentido de no natural–, sino que tampoco plantea, por ello mismo, ningún problema ético, por cuanto la tendencia a mejorar las propias condiciones de vida es algo connatural a la naturaleza humana.

Precisamente todas las industrias que el ser humano desarrolla para satisfacer sus necesidades y mejorar en lo posible sus condiciones de vida, es lo que entendemos por *trabajo*. Trabajo que, si bien es verdad que viene impuesto por las necesidades que la reiformidad impone, también es libre, en cuanto que su sujeto tiene que decidir hacerlo. Incluso aunque se trate de algo necesario para la supervivencia, el hombre debe decidir si quiere sobrevivir.

En última instancia, como ya se ha dicho, el hombre se constituye en trabajo para sí mismo, en la medida en que el hecho de la reiformidad es causa de que el tiempo sea un factor mediante el que cada esfuerzo realizado se interioriza, dando lugar a la base sobre la que se constituyen los hábitos. De esta forma puede afirmarse que el animal humano es el único ser que se hace a sí mismo, en función de la utilización deliberada que hace de su propio tiempo.

Y, por otra parte, dado que la naturaleza humana no está sujeta a criterios evolutivos, en el sentido visto, tampoco lo están los criterios de valoración ética, habida cuenta de que naturaleza y dignidad humanas son dos aspectos de la misma realidad. Desde este punto de vista, lo que sí puede evolucionar, en un cierto sentido, es el conjunto de situaciones que interpelan al sujeto, de cara a tener que tomar partido en cuanto a su compromiso ético. Y ello precisamente debido a que el desarrollo tecnológico ofrece un incremento de posibilidades. Ahora bien, deberá ser cada persona quien tenga que decidir, -no des-

de la mera subjetividad, sino desde el respeto a la dignidad humana, entendida como una realidad objetiva- hasta qué punto lo que la tecnología posibilita, debe *ser* aplicado.

Bibliografía

Francisco:

- Humana Communitas. Carta del Santo Padre Francisco al presidente de la Academia Pontificia para la Vida con motivo del 25º aniversario de su creación (11 de febrero 1994 - 11 e febrero 2019).

Ceballos-Amandi, José Ángel;

- ¿Qué es ética profesional? Anales de Mecánica y Electricidad. Vol. 76; Fasc. 1; 1999.
- Hacia el esbozo de una ética profesional. Miscelánea Comillas: Revista de Ciencias Humanas y Sociales. Vol. 72; Nº 140-141. 2014.
- Reflexiones sobre ética profesional y responsabilidad personal. En Conferencias, ponencias, comunicados y conclusiones. VII Congreso Nacional de Ingenieros del ICAI, pp. 211-218. Asociación Nacional de Ingenieros del ICAI. Madrid 2016.
- Fundamentos para una ética profesional. En Ser y no ser. Estudios sobre el pensamiento de Millán-Puelles, pp. 211-247. Guillermo Escolar Ed., Madrid 2021.
- Hacia una perspectiva antropológica de la soledad. En Labor Hospitalaria, pp. 24-27. Nº 326, 2020.

Martínez Martínez, Julio L.;

- Moral social y espiritualidad. Una co(i)nspiración necesaria. Santander, 2011. Sal Terrae.

Millán Puelles, Antonio;

- La Estructura de la Subjetividad, en Obras Completas vol. IV, Rialp, Madrid, 2014 (19671).

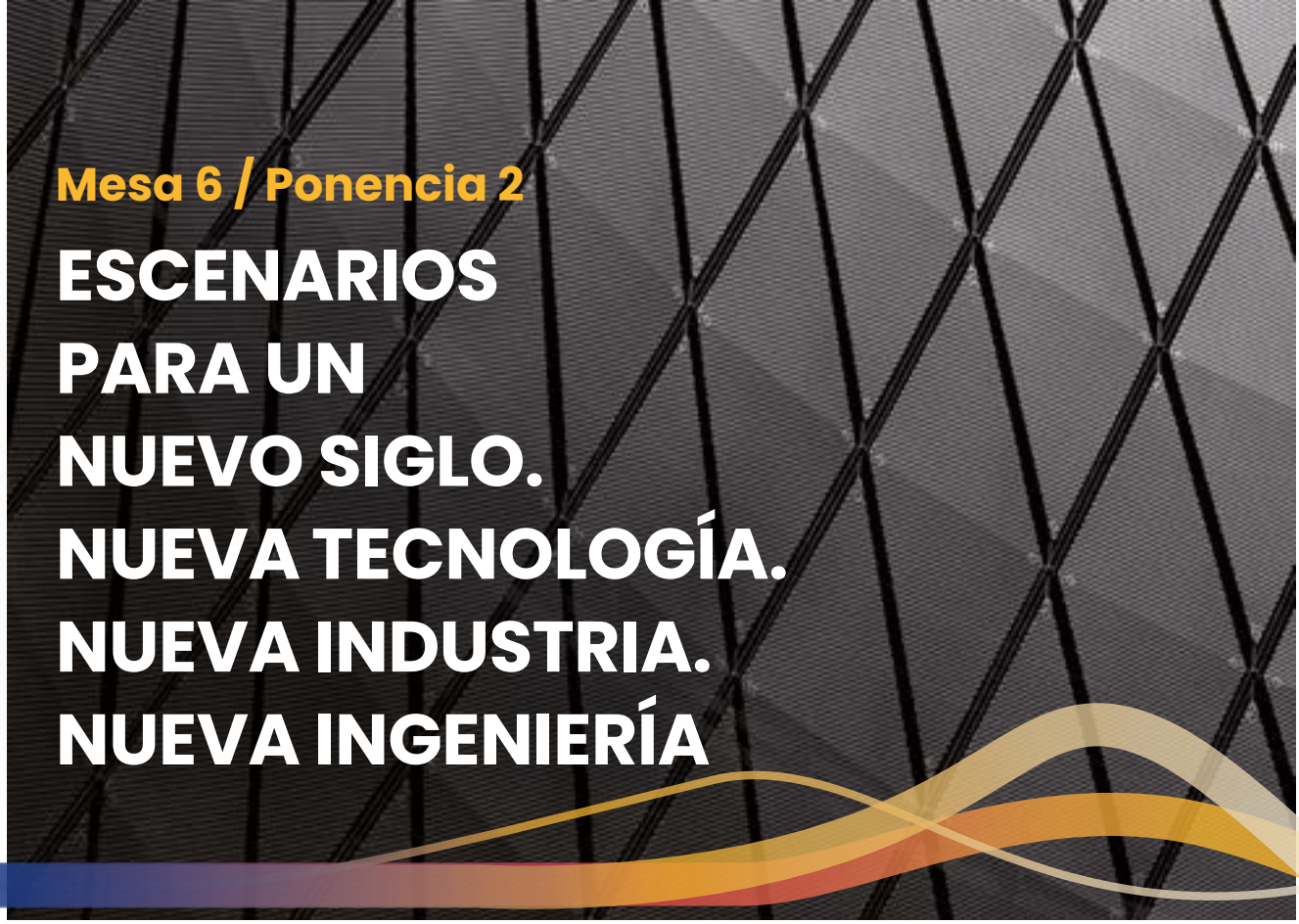
José Ángel Ceballos

José Ángel Ceballos Amandi es doctor en Filosofía por la Universidad de Navarra y Máster en Dirección de Recursos Humanos por el Instituto de Empresa (Madrid).

Ha ocupado puestos de responsabilidad en diversas empresas, casi siempre vinculado a las áreas de Organización y Recursos Humanos. Ha pertenecido a las juntas directivas de la Asociación Española de Dirección de Personal (AEDIPE), y de Ética, Economía y Dirección, rama española de la European Business Ethics Network (EBEN).

Desde el año 1995 ejerce su docencia en la Universidad Pontificia Comillas, donde ha impartido cursos de su especialidad en ICAI, ICADE y en la Facultad de Ciencias Humanas y Sociales. En la actualidad es el Coordinador de las Éticas Profesionales de la Universidad.

En 2016 fue nombrado Miembro de Honor de la Asociación Nacional de Ingenieros del ICAI.



Mesa 6 / Ponencia 2

ESCENARIOS PARA UN NUEVO SIGLO. NUEVA TECNOLOGÍA. NUEVA INDUSTRIA. NUEVA INGENIERÍA

Adolfo Castilla Garrido. *Catedrático de economía aplicada de la Universidad Antonio de Nebrija. Profesor en CEPADE (U. P. M.) y en la Universidad Francisco de Vitoria.*

Resumen

Preguntarse por el papel del ingeniero en las nuevas sociedades, economías y sistemas productivos hacia los que vamos es el objetivo principal de este trabajo. Se parte de la base de estar en el mundo en la actualidad a las puertas de grandes transformaciones debido a las nuevas revoluciones en marcha, en las cuales, como en otras anteriores, las tecnologías tienen un poder transformador de la máxima importancia. Se hace en realidad, y en relación con ello, un ejercicio de prospectiva en el que se comienza por evaluar la situación actual del mundo, con especial atención a nuestro país, la cual no es excesivamente brillante tras el deterioro producido por la pandemia del COID-19. Se recopilan a continuación las grandes tendencias que nos llevan, con especial atención a la tecnológicas, para concluir con la descripción de varios escenarios alternativos y derivar de ellos algunas conclusiones en cuanto a posibles actuaciones.

Palabras clave: nuevas tecnologías, tecnologías digitales, prospectiva, escenarios, cuarta revolución industrial

1. Hacia una Nueva Gran Transformación

Estamos a las puertas de una Nueva Gran Transformación similar a la que describió a mediados del siglo pasado el sociólogo y filósofo austriaco Karl Polanyi (1886-1964) en su libro, La Gran Transformación, del que hay una nueva edición de febrero de 2018[1].

Es un libro crítico con el capitalismo, con el liberalismo económico y con el mecanismo de mercado, pero que recoge muy bien lo que fue la historia occidental desde la primera revolución industrial hasta mediados del siglo XX. Una época de cambios profundos en la sociedad que nos llevó a un mundo radicalmente distinto del existente desde los albores de la humanidad.

No debemos olvidar que hasta mediados del siglo XVIII y de hecho hasta 1840, no abandonó el hombre la miseria generalizada, la bajísima esperanza de vida y el mundo inhóspito al que se llamó "valle de lágrimas".

El PIB per cápita, por ejemplo, en el año 1000 fue

[1] Polanyi, Karl, La Gran Transformación (Nueva Edición) Fondo de Cultura Económica, 2018

el mismo que en el año 1. En 1820 el PIB per cápita mundial fue solo un 53 % más que en el año 1000. Un promedio de apenas un 0,05 anual a lo largo de 820 años. De 1820 a 1870 el crecimiento fue del 0,5 % anual. Entre 1950 y 1973 el crecimiento anual a nivel mundial fue de un 3 %.

En el año 1000 la esperanza de vida era de 24 años y un tercio de los nacidos morían durante el primer año. El promedio de vida en 1820 era todavía de 26 años, mientras que para 1999 había crecido hasta los 66 años. Mientras que la esperanza de vida en 2019 fue, en España, de 80,2 para los hombres y de 86,2 para las mujeres.

Ese cambio espectacular en la vida de las personas fue producto del crecimiento económico, el cual depende, en gran manera, como sabemos, de la tecnología, la innovación y el emprendimiento. Componentes básicos del capitalismo en su versión inicial, aunque con el tiempo, dicho capitalismo se haya ido deteriorando y hoy vivamos un capitalismo de rentistas.

La industria fue el gran sector surgido de ese proceso y la ingeniería y el ingeniero han tenido un papel relevante en ello.

Las primeras escuelas de ingeniería surgieron en Europa y más concretamente en Francia, en Alemania y en Inglaterra en la segunda mitad del siglo XVIII. Puede que la primera escuela como tal sea la Escuela Nacional de Puentes y Caminos en Francia, creada en 1747 y una de las más destacadas la *École polytechnique* francesa, de 1794.

2. Las revoluciones industriales

De hecho, en la historia de la humanidad, por lo que se refiere a los tres últimos siglos, se han producido cuatro grandes revoluciones. Nos situamos hoy al principio de lo que hemos dado en llamar IV Revolución Industrial, basada en la tecnología digital, la digitalización y la transformación digital de nuestro mundo.

2.1 LA PRIMERA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL

La I Revolución Industrial es la genuina y la más conocida y estudiada. Su comienzo se suele situar a mediados del siglo XVIII y localizar en el norte de Inglaterra y sur de Gales, siendo el carbón como fuente de energía el recurso básico de la misma. El uso del carbón bituminoso de la zona y su transformación en coque mediante la destilación produjo una enorme transformación en el mundo. La máquina de vapor fue el instrumento básico y en su desarrollo hay que mencionar a figuras como Thomas Savery (1650-1715), Thomas Newcomen (1663–1729) y James Watt (1736-1819).

Antes de ellos, justo a principio del siglo XVII, se sabe que fue el inventor, también inglés, Hugh Plat (1552-1608), el que observó la posibilidad de calcinar el carbón como ocurría con la madera. Mucho antes, además, en el siglo XI, se sabe que se destilaba el carbón en China en la cuenca del Río Amarillo, región en la que había pocos árboles.

Y también cabe mencionar a figuras como el francés Danis Papin (1647-1712) quien trabajo en Francia e Inglaterra con las tres figuras claves de la época: Huygens, Boyle y Hooke. Llegó a ser miembro de la Royal Society y colaboró en el terreno práctico con Thomas Savery y Thomas Newcomen sobre el poder de los gases en expansión. Fue el inventor de lo que podría llamarse la primera olla a presión, la cual incorporaba ya una válvula de seguridad . Más adelante, ya a finales del siglo XVIII y comienzos del XIX, otro francés, Joseph-Louis Gay-Lussac (1778- 1850), trabajó sobre el mismo tema. Se le considera el padre de la llamada ley de los gases, según la cual un gas aumenta su presión proporcionalmente a su temperatura si el volumen se mantiene constante. Previamente el también francés, Jacques Charles (1746-1823), había dicho que un gas se expande proporcionalmente a la temperatura aplicada si se mantiene constante la presión sobre él.

2.2 LA SEGUNDA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL

La II Revolución Industrial surge a últimos del siglo XIX y se extiende con fuerza a lo largo de los dos primeros tercios del siglo XX. Una pluralidad de innovaciones tecnológicas, como el uso del petróleo como combustible, el desarrollo del motor de explosión, la introducción de la electricidad y del motor eléctrico, las telecomunicaciones y más adelante la radiodifusión, la aviación y el transporte aéreo, además de

[2] Ver el libro recién publicado, Claves de la Innovación, de Matt Ridley, Antoni Bosch editor, 2021

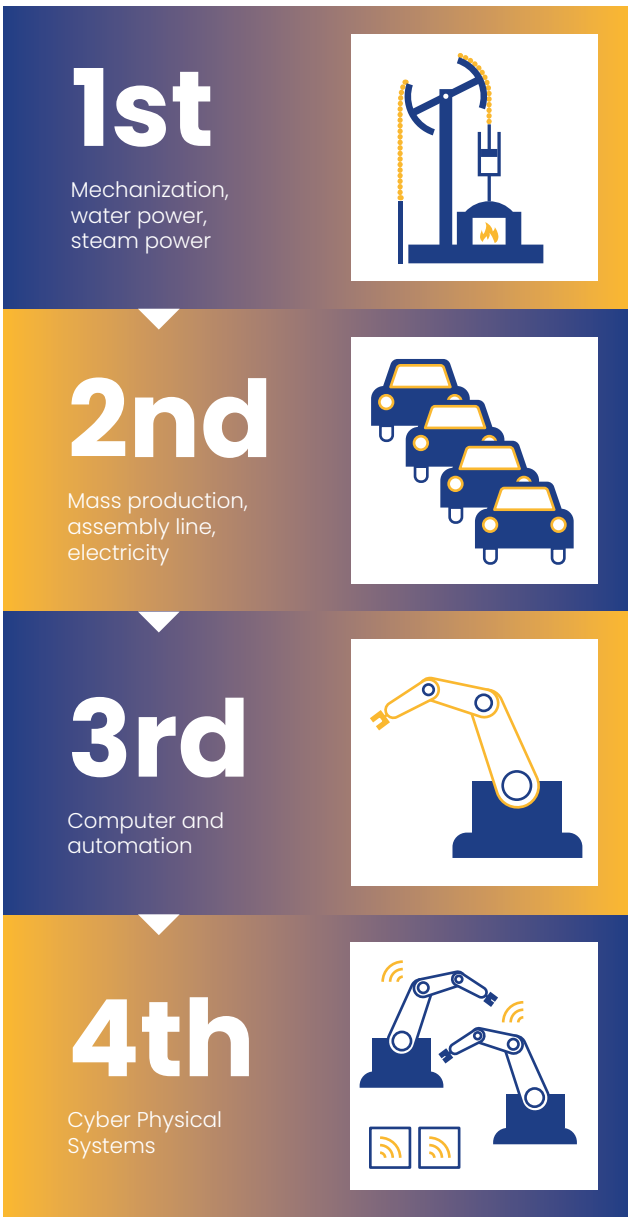
avances sin cuento en la química y en la elaboración de materiales, transformaron adicionalmente el mundo, especialmente el mundo occidental.

Su impacto fue mucho mayor que la Primera en términos de expansión económica y cambio social, debido a la multiplicidad dentro de ella de innovaciones tecnológicas y áreas de actividad. El siglo XX fue en ese sentido espectacular a pesar de las dos grandes guerras mundiales que asolaron gran parte de Europa y varias otras partes del mundo.

2.3 LA TERCERA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL

La III Revolución Industrial, menos definida que las dos anteriores y cuya identificación se debe a divulgadores científicos actuales tales como Jeremy Rifkin (nacido en 1945), tiene lugar al principio de los años 70 del siglo pasado y estuvo basada en la expansión de las redes de telecomunicación, en la transmisión de datos y en la aparición del ordenador personal, así como en los comienzos de Internet, la expansión de la Inteligencia Artificial y, probablemente, el uso de energías renovables.

La figura que sigue recoge esquemáticamente las cuatro revoluciones en cuestión con algunos de sus productos típicos.



3. La Cuarta Revolución Industrial[3]

La IV Revolución Industrial es aún más reciente y puede que su comienzo se sitúe en 2016 al hilo de la publicación de libro de Klaus Schwab (nacido en 1938), *La cuarta revolución industrial.* La digitalización es su fundamento y justo ahora estamos viviendo un fuerte desarrollo de esta.

Para situarse en este mundo digital, aparte de temas como, las plataformas, las APPs, los juegos en ordenador, Big Data, Block Chain, IOT, marketing digital, la nube, Industria 4.0, tecnología 5G, Smart cities, machine learning, Deep learning y los más generales de Inteligencia Artificial e, Inteligencia Artificial Colectiva, conviene prestar atención a las empresas más destacadas en dicho mundo digital.

De acuerdo con el reciente informe de pwc sobre las empresas de más valor en bolsa, *Global Top 100 companies by market capitalisation*, al 30 de junio del presente año, las diez primeras empresas del mundo, pueden verse en el cuadro adjunto.

Aparte de la empresa número 1, que es una empresa tradicional, y de las 9 y 10 que llevan ya muchos años con nosotros y que se dedican, respectivamente, a la inversión en bolsa del capital de sus inversores, y a la intermediación de dinero, el resto son empresas con una vida situada entre los 45 y los 16 años.

3.1 CARACTERÍSTICAS DE ESTAS EMPRESAS

Las siete en cuestión a las que nos referimos, son empresas relacionadas con las nuevas tecnologías digitales y con las infraestructuras requeridas por

[3] Dedicamos un apartado a esta nueva revolución por su importancia y porque a ella va a estar dedicado el ejercicio de prospectiva a realizar

NOMBRE	VALOR
1. SAUDI ARABIAN OI 1. Saudi Arabian Oil & Gas	1.741.000 Millones $
2. APPLE INC United States Technology	1.568.000 Millones $
3. MICROSOFT CORP United States Technology	1.505.000 Millones $
4. AMAZON:COM INC United States Consumer Services	1.337.000 Millones $
5. ALPHABET INC-A United States Technology	953.000 Millones $
6. FACEBOOK INC-A United States Technology	629.000 Millones $
7. TENCENT Mainland China Technology	599.000 Millones $
8. ALIBABA GRP-ADR Mainland China Consumer Services	577.000 Millones $
9. BERKSHIRE HATH-A United States Financials	430.000 Millones $
10. VISA INC-CLASS A United States Financials	372.000 Millones $

ellas (plataformas, redes, ordenadores de todo tipo y móviles diversos, nube, interconexión, etc..).

Son empresas, además, en las que lo producido e intercambiado es información, conocimiento, interrelación personal, comunicación y servicios muy diversos en relación con todo lo que se puede digitalizar. Dos de ellas, como es sabido, se dedican a la venta on-line de productos de todo tipo, pero son empresas muy de la era digital. Tanto porque han transformado totalmente un negocio que antes estaba en las manos de los grandes almacenes, a base de digitalización e Inteligencia Artificial, como porque sus inversiones se extienden a la nube y a otras actividades de la nueva economía.

Gran parte de ellas relacionadas con el marketing (digital, por supuesto), la publicidad y la búsqueda directa de clientes on-line para distintos negocios. Así como la prestación de servicios muy diversos en forma on-line.

4. Algo más sobre la Revolución Digital

La digitalización manejada adecuadamente permite o produce los siguientes efectos:

1. Vivir del intercambio de bienes, información, conocimiento, sabiduría entretenimiento, deporte, ocio, etc. y además poder hacerlo en plena naturaleza, lo que hasta hace poco no era posible.
2. Poner en valor todos los bienes, productos, servicios y recursos naturales.
3. Devolver la iniciativa a los individuos.
4. Eliminar las fronteras de todo tipo: en el comercio, en la educación, en la logística y la distribución, en el acceso al capital etc.
5. Entrar en un capitalismo sin capital: crowdfunding, business angels, risk capital.
6. Facilidad para crear empresas.
7. Potenciación del voluntariado.
8. Revitalización el trabajo en comunidad, la colaboración y la cooperación.
9. Una economía más humana y más a la altura del hombre, con beneficios razonables, sin pelotazos y sin un dominio excesivo del capital.
10. Lo global y lo local se mezclan indisolublemente.
11. Estamos dando a luz, incluso, una nueva forma de organizarnos económica, social y políticamente, de la que diremos algo más adelante. Es lo que llamamos Sociedad Comunitaria Activa.

4.1 PAPEL DEL INGENIERO EN LAS NUEVAS ETAPAS

Preguntarse por el papel del ingeniero en esa nueva revolución y en las venideras, es el objetivo principal de este trabajo, así como indagar sobre la nueva tecnología y sus características y el futuro de la Industria, como sector de actividad.

Para ello, se hace, en parte, un esfuerzo de prospectiva creando escenarios alternativos y sacando conclusiones de ellos en forma de cambios y actuaciones posibles. Actuaciones diversas en nuestras sociedades en términos generales y en forma muy particular, cambios deseables en cuanto a los estudios de los Ingenieros del ICAI y su adaptación al nuevo mundo.

5. Situación actual del mundo, de Europa y de nuestro país

Antes de entrar en lo que puede ocurrir con la tecnología, la industria y la ingeniería en los próximos años, resulta pertinente revisar la situación general del mundo y de nuestro propio país en términos económicos y sociales.

En lo relativo a la situación de nuestro país deseo recordar que, en mi opinión, se sumerge más que emerge. Sin gran atención pública a la cuestión hemos bajado ya al lugar 14 del mundo por volumen del PIB y al 32 por PIB per cápita, siendo además destacable en relación con la segunda métrica, que en cuanto a la Eurozona hemos vuelto al lugar de 1999 cuando el país entró en ella. Es decir, con datos del segundo y tercer trimestre del pasado año, estamos en un PIB per cápita casi un 30 % por debajo del de la media de dicha agrupación de países. Las previsiones son, además, que en unos 15 años estaremos fuera de los veinte países más desarrollados del mundo.

Siento decirlo, pero la gente en general y los políticos en particular, parecen creer que ser un país desarrollado es algo permanente en el tiempo y que el mecanismo de mercado es suficiente para mantenernos en lugares de privilegio. No siendo ciertas ninguna de esas dos asunciones. Si no nos movemos, no innovamos y no emprendemos somos como el camarón que se duerme.

La frontera de las posibilidades de producción está estancada o disminuyendo, consecuencia, como es lógico, de una persistente baja inversión, tanto privada como pública, lo cual lleva a la vez a un estancamiento de la productividad.

Hemos analizado en otros trabajos los fenómenos actuales de crecimiento de la pobreza, el desempleo y la desigualdad y no parece necesario recordarlos. Cuando en el 2019 habíamos conseguido reducir el desempleo hasta el 13,8 % viniendo de casi el 26 % de los años 2012 y 2013, tuvo lugar la pandemia que nos puso de nuevo en el 16 % de desempleo a finales del 2020. No se puede olvidar la influencia del desempleo en las otras dos grandes disonancias, la pobreza y la desigualdad.

5.1 DESINDUSTRIALIZACIÓN

Y en cuanto a la industria propiamente dicha solo hay que indicar que en 2019 el sector industrial manufacturero español suponía un 11 % del PIB y el resto de la industria incluyendo la producción de energía era de un 3 %. Un 14 % en total para la industria y además evolucionando a la baja año a año, es un porcentaje muy reducido del sector industrial para un país desarrollado. Alemania, por ejemplo, un país muy industrializado, tiene un porcentaje del 29,1 % incluyendo la construcción. Nosotros, incluyendo este último sector estaríamos en un 20 %, casi 10 puntos menos.

En cuanto al entorno, diríamos que una ayuda a la verdadera recuperación de la economía española podría venir de la evolución positiva de las economías, europea y mundial. Nuestras exportaciones suponen un porcentaje importante del PIB (bastante más alto, por cierto, que la inversión y el gasto público) y aunque su impacto en el crecimiento viene compensado en muchas ocasiones por el aumento de las importaciones, que suele ser simultáneo, un entorno mundial activo en términos económicos no deja de ser algo muy favorable para una economía abierta como la nuestra.

La entrada de capital internacional, por ejemplo, sobre todo si es en forma de inversión directa, es una manera muy deseable de generar actividad y crecimiento.

5.2 PREOCUPACIÓN POR NUESTRO FUTURO

Y en esto último radica la preocupación que sentimos algunos en cuanto al próximo futuro de España y de Europa.

Justo antes de la pandemia, las predicciones a largo plazo de la economía mundial, y muy especialmente las de los países desarrollados, apostaban por un estancamiento secular, es decir, un crecimiento muy bajo y continuado de la economía. Amén de un deterioro de las posiciones en los rankings mundiales de los países desarrollados.

Un fenómeno, ese último, claro en la economía española y en la de otros países europeos. Vamos hacia abajo en los rankings mundiales sin remisión. Algo así como un agotamiento del capitalismo entre nosotros, a la vez que se vigoriza en el sudeste asiático y en la India.

Es el resultado de la convergencia o del catch-up tecnológico y económico. A todos nos parecía un fenómeno, no ya lógico, sino deseable, aunque no habíamos reparado en que tal proceso no se detiene. Las economías emergentes no solo convergen con nosotros, sino que nos superan con gran facilidad. Y no solo en volumen del PIB sino poco a poco. también en PIB per cápita. Una visión de conjunto de las previsiones para la economía mundial puede verse en el cuadro adjunto.

Ultimas proyecciones de crecimiento de *Perspectivas de la economía mundial*

(PIB real, variación porcentual anual)	2020	2021	2022
Producto mundial	**-3,2**	**6,0**	**4,9**
Economías avanzadas	-4,6	5,6	4,4
Estados Unidos	-3,5	7,0	4,9
Zona del euro	-6,5	4,6	4,3
Alemania	-4,8	3,6	4,1
Francia	-8,0	5,8	4,2
Italia	-8,9	4,9	4,2
España	-10.8	6,2	5,8
Japón	-4,7	2,8	3,0
Reino Unido	-9,8	7,0	4,8
Canadá	-5,3	6,3	4,5
Otras economías avanzadas	-2,0	4,9	3,6
Economías emergentes y en desarrollo	-2,1	6,3	5,2
Economías emergentes y en desarrollo de Asia	-0,9	7,5	6,4
China	2,3	8,1	5,7
India	-7,3	9,5	8,5
ASEAN-5	-3,4	4,3	6,3
Economías emergentes y en desarrollo de Europa	-2,0	4,9	3,6
Rusia	-3,0	4,4	3,1
América Latina y el Caribe	-7,0	5,8	3,2
Brasil	-4,1	5,3	1,9
México	-8,3	6,3	4,2
Oriente Medio y Asia Central	-2,6	4,0	3,7
Arabia Saudita	-4,1	2,4	4,8
África subsahariana	-1,8	3,4	4,1
Nigeria	-1,8	2,5	2,6
Sudáfrica	-7,0	4,0	2,2
Partidas informativas			
Economías emergentes y de mediano ingreso	-2,3	6,5	5,2
Países en desarrollo de bajo ingreso	0,2	3,9	5,5

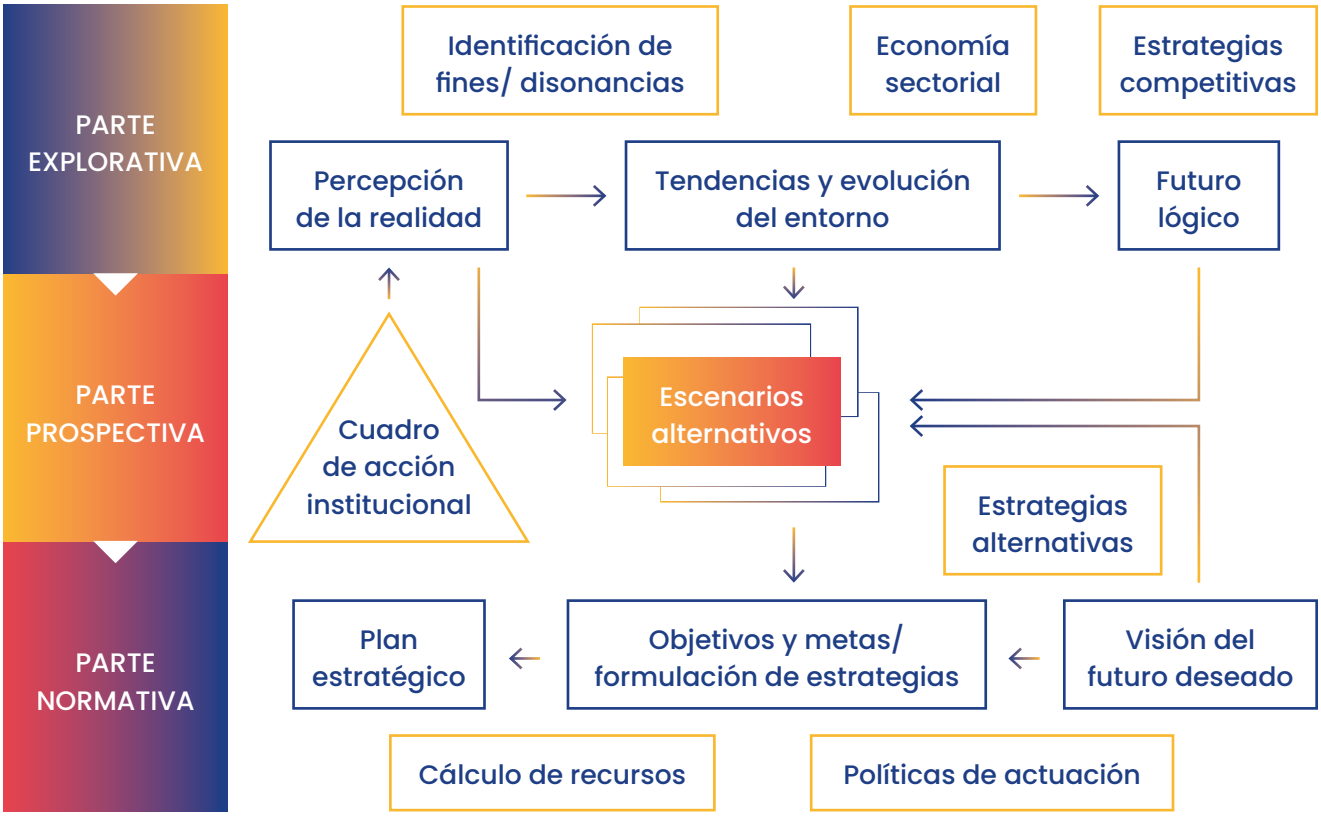
Fuente: FMI. Actualización de *Perspectivas de la economía mundial*, julio de 2021.

6. Un ejercicio de prospectiva para ver las posibilidades existentes

El panorama revisado en los apartados anteriores no es muy positivo que digamos, ni la situación actual de nuestro país es positiva ni las perspectivas son halagüeñas.

El deterioro de la economía y la desindustrialización marcan una senda bastante preocupante, por eso merece la pena hacer un ejercicio de prospectiva que nos permita imaginar unos escenarios alternativos ante ellos. La metodología empleada para esta actividad queda reflejada en el siguiente esquema.

El método de la Prospectiva



Fuente: Elaboración propia

La percepción de la realidad sería lo expuesto anteriormente en cuanto a la situación de nuestro país.

Antes de construir unos escenarios alternativos, y según la metodología expuesta, faltaría concretar algo más el área específica de análisis y determinar las tendencias actualmente en marcha, cosa que hacemos en los próximos apartados.

7. Área de concentración: Nueva Tecnología, Nueva Industria, Nueva Ingeniería

En cuanto al área de concentración de nuestro análisis está claro ya, por lo indicado hasta ahora, que intentamos concentrarnos en los tres temas fuertemente interrelacionados, tecnología, industria e ingeniería.

Nuestra hipótesis de partida es que dichos tres temas van a cambiar y transformarse de forma importante en los próximos años y lo primero que debemos hacer es definirlos tal como los conocemos en la actualidad.

La tecnología, dicho de forma muy sintética, no es otra cosa que, "el conjunto de conocimientos relacionados con las artes industriales que posee, un individuo, una empresa o un país, y por extensión el mundo en general". Las artes industriales, por otra parte, no son otra cosa que la transformación "de materias primas en productos elaborados, semielaborados o super elaborados, utilizando una fuente

de energía. Para su desarrollo la industria necesita materiales, maquinaria y recursos humanos organizados habitualmente en empresas por su especialización laboral"[4].

La industria es, en la acepción más simple y directa de la palabra, el conjunto de actividades relacionadas con esas transformaciones existentes en un país o en el mundo en su conjunto, Es, diríamos, como nos interesa aquí, una agrupación de actividades lo más similares posibles relativas a las transformaciones indicadas antes, a la manufactura y a la producción y fabricación en general.

7.1 LA INGENIERÍA COMO PROFESIÓN

La ingeniería es la profesión, en parte surgida y en parte creada, para encargarse de todas las actividades industriales, es decir de todas las tareas relacionadas con hacer cosas útiles para la humanidad. La palabra se deriva del término latino ingenium, la cual, a su vez, está formada por in (en) y *genium* (de La misma raíz que gene) y que lleva a la idea de engendrar o hacer. Del latín pasó al francés a través de la palabra antigua, *engin*, y de esta a la inglesa *engine*, las dos fuertemente unidas en la I Revolución Industrial a la idea de máquina. Parece que fue el inglés James Watt el que inventó la palabra *engineer*, para designar al "hombre de la máquina" u hombre que operaba la máquina y de la misma forma en francés se acuñó la palabra *engigneur*. En español está el paso intermedio de "ingenio".

La ingeniería se define hoy como, "el uso de principios científicos para diseñar y construir máquinas, estructuras y otros entes, incluyendo puentes, túneles, caminos, vehículos, edificios, sistemas y procesos" [5].

Hay que reconocer en cualquier caso que la historia de las obras humanas desde la antigüedad, han necesitado grandes ingenieros. Quizás todo comenzó con la invención de instrumentos como la cuña, la palanca, la rueda, etc.... "ingenios", digámoslo así, que llevaron a la denominación de nuestros ancestros como "*Homo Faber*", u hombre que hace y fabrica.

Mas avanzadas fueron las armas y las máquinas de guerra, siendo en ese terreno, probablemente, en donde nació la primera ingeniería propiamente dicha. La ingeniería militar puede que fuera la primera, seguida muy pronto, por la ingeniería civil, la minera y entrando en mucho detalle la ingeniería relacionada con la energía, primero de los vientos y luego la de los cauces fluviales. Más adelante ya en los prolegómenos de la I Revolución Industrial, surgió la ingeniería mecánica, seguida de la eléctrica, la química y muchas otras.

Revisando la historia se comprueba que la ingeniería estuvo durante muchos años unida a la artesanía, es decir solo se aprendía. viendo hacer y haciendo. Más adelante y, probablemente, tras la Revolución Científica europea de los siglos XV, a XVIII, que revolucionó el conocimiento y lo relacionó con la naturaleza y el mundo físico, surgieron las escuelas de ingeniería.

7.2 NUEVA TECNOLOGÍA

Más importante para este trabajo que esas definiciones resulta ser el preguntarnos por las nuevas, tecnologías, industrias e ingenierías. Lo hacemos brevemente para no excedernos en el tamaño de este escrito.

El término "nuevas tecnologías" tuvo mucha utilización en las décadas de los años 70 y 80 del siglo pasado en lo que hoy llamamos III Revolución Industrial y alrededor de las llamadas TIC (Tecnologías de la Información y la Comunicación).

Algunos siguen utilizando el acrónimo TIC para referirse a las nuevas tecnologías actuales, pero yo creo que es mejor hablar de Nuevas Tecnologías Digitales. Si utilizamos lo de Cuarta Revolución Industrial es imprescindible hablar de otras tecnologías.

Hay multitud de aspectos tecnológicos en la actualidad para los que lo de TIC resulta anticuado. Vivimos una economía de las plataformas, hablamos de APPs, de juegos de ordenador, de Big Data, de Blockchain, de la nube, de IOT (Internet de las Cosas), de Smart Cities, de Industria 4.0, marketing digital bajo múltiples formas, de interconectividad de los móviles, de Inteligencia Artificial, de Machine Learning, de Deep Learning y de muchas nuevas actividades más, entre ellas la Inteligencia Artificial Colectiva, en

[4] https://es.wikipedia.org/wiki/Industria

[5] https://es.wikipedia.org/wiki/Ingenier%C3%ADa

cuyo desarrollo está implicado el que esto escribe.

Las Nuevas Tecnologías actuales, son en mi opinión, las digitales sin más. Aunque pensando en otras revoluciones que se solapan con la digital están la biológica, la energética, la de la economía circular, las relacionadas con el cambio climático y, por supuesto, las que tiene que ver con la sostenibilidad.

Son en general tecnologías más soft que las de las épocas anteriores y tiene mucho que ver con la información, el conocimiento, la formación, el arte, el entretenimiento, el ocio y multitud de otras tareas humanas.

Más adelante, hacia finales de siglo, estaremos colonizando el espacio exterior a nuestro planeta y surgirá una fuerte actividad alrededor de lo que podría ser una nueva y poderosa industria, al aeroespacial.

7.3 NUEVA INDUSTRIA

En cuanto a las Nuevas Industrias, está claro que todo lo relacionado con esas tecnologías no encaja ni en la agrupación actual llamada Industria ni en loque llamamos Servicios. Hace tiempo que en las contabilidades nacionales deberíamos haber creado un gran apartado o sector al que antes podríamos haber llamado "Infomia" o "Infonomia", como yo mismo propuse hace unos años, y que ahora deberíamos denominar "Sector Digital" o, sencillamente, "Digitalia".

7.4 NUEVAS INGENIERÍAS

En lo relativo a Nuevas Ingenierías hay que distinguir siempre entre son titulaciones y lo que son verdaderas nuevas ramas de ingeniería.

Buscando lo segundo hemos encontrado listas como las siguientes:

A) Lista elaborada por Universia[6].

- Ingeniería de Software.
- Ingeniería Aeroespacial.
- Ingeniería Electrónica y Automatización.
- Ingeniería Civil.
- Ingeniería Ambiental
- Bioingeniería

B) Lista más amplia[7]

- Ingeniería en Negocios Energéticos y Sustentables.
- Ingeniería en Sistemas Energéticos y Redes Inteligentes.
- Licenciatura en Órtesis y Prótesis.
- Licenciatura en Ciencia de Datos.
- Ingeniería en Inteligencia Artificial.
- Química e Ingeniería de Materiales.
- Química e Ingeniería de Materiales.
- Ciencias Agroforestales.
- Inteligencia de Negocios.
- Otras.

C) Lista en ingles[8].

Se incluye una lista en inglés en la que aparecen nuevas y viejas ingenierías, todas con mucho futuro.

- Computer Science and Engineering.
- Mechanical Engineering.
- Electrical Engineering.
- Solar Engineering.
- Wind Energy Engineering.
- Nanotechnology.
- Environmental Engineering.
- Marine Engineering.
- Information Security.
- Software Development.
- Biomedical Engineering.
- Civil Engineering.
- Aerospace Engineering.
- Chemical Engineering.

[6] https://www.universia.net/es/actualidad/orientacion-academica/nuevas-ingenierias-donde-estudiarlas-1156961.html

[7] https://mba.americaeconomia.com/articulos/notas/15-carreras-profesionales-del-futuro-laboral-que-ya-se-ofrecen-en-mexico

[8] https://leverageedu.com/blog/best-engineering-courses-for-future/

- Electrical and Electronics Engineering.
- Petroleum Engineering.
- Telecommunication Engineering.
- Machine Learning and Artificial Intelligence.
- Robotics Engineering.
- Biochemical Engineering.

8. Análisis de tendencias

En cuanto a las tendencias que nos llevan recogemos a continuación las tendencias tecnológicas identificadas en los tiempos que corren por varias instituciones dedicadas al estudio de las nuevas tecnologías. Hay multitud de estudios que se pueden consultar en Internet. Recogemos algunos de ellos y resumimos otros trabajos consultados.

8.1 9 GRANDES TENDENCIAS IDENTIFICADAS POR SIMPLE LEARN

Fuertes avances en Inteligencia Artificial y Machine Learning.

Desarrollos muy importantes en Robótica y Automatización de Procesos (RAP).

Computación Edge.

Computación Cuántica.

Realidad Virtual y Realidad Aumentada .

Blockchain.

Internet de las Cosas (IoT).

Tecnología 5G.[9]

8.2 LAS 10 TENDENCIAS TECNOLÓGICAS QUE RECONFIGURARÁN EL FUTURO DE LOS MERCADOS Y LAS INDUSTRIAS EN LAS PRÓXIMAS DÉCADAS

De PORTALTIC extractamos las siguientes.

"La automatización y virtualización de procesos, la inteligencia artificial (IA) aplicada, las biotecnologías y la computación de próxima generación son algunas de las diez tendencias tecnológicas que se espera que sean claves en la reconfiguración del futuro de los mercados y las industrias en las próximas décadas"[10].

"El uso de la computación cuántica generará en 2035 más de mil millones de dólares".

"La robótica, el Internet Industrial de las Cosas (IoT), los gemelos digitales ('digital twins') y la impresión 3D o 4D se combinarán para agilizar las tareas rutinarias y mejorar la eficiencia operativa, acelerando el tiempo de comercialización".

"Las instalaciones anuales de robots industriales, que se han multiplicado por dos hasta alcanzar unas 450.000 desde 2015, crecerán hasta cerca de 600.000 en 2022".

"Por su parte, el futuro de la conectividad podría hacer que el 80% de la población mundial tenga cobertura 5G en 2030, permitiendo una conectividad más rápida a través de distancias más largas, con descargas más ágiles, y una latencia reducida a casi nada".

"La infraestructura de IT distribuida (arquitectura distribuida), que aúna la computación en la nube y la del 'edge computing', permite a las empresas a llegar a dispositivos ávidos de datos con mucha menos latencia, en un mayor número de ubicaciones, incluso más remotas".

"Esta última tendencia ayudará a las empresas a aumentar su velocidad y agilidad, reducir la complejidad, ahorrar costes y reforzar sus defensas de ciberseguridad. Por ello, se prevé que para 2022, alrededor del 70% de las empresas emplearán tecnologías, herramientas y procesos de gestión híbridos o 'multicloud'".

"De acuerdo con otra tendencia se emplearán cada vez más algoritmos de IA para entrenar a las máquinas para que reconozcan patrones, los interpreten y actúen conforme a ellos, ayudando a los ordenadores a dar sentido a los datos del mundo real".

"Del análisis realizado por esta institución se desprende que más del 75% de los puntos de contacto de los servicios digitales verán mejorada la usabilidad, la personalización y el aumento de la conversión gracias a la inteligencia artificial aplicada".

"Por otro lado, la 'trust architecture' plantea un conjunto de tecnologías y enfoques diseñados para un mundo de crecientes ciberataques. Solo en 2019

[9] https://www.simplilearn.com/top-technology-trends-and-jobs-article

[10] Leer más: https://www.europapress.es/portaltic/sector/noticia-10-tendencias-tecnologicas-reconfiguraran-futuro-mercados-industrias-proximas-decadas-20210624114618.html

más de 8.500 millones de registros de datos fueron comprometidos. Esta tendencia proporciona las estructuras necesarias para verificar la fiabilidad de los dispositivos a medida que los datos fluyen a través de las redes, las API y las aplicaciones".

"Según el mismo estudio, alrededor del 10% del PIB mundial estará asociado a 'blockchain' para el año 2027".

"Finalmente, el estudio que comentamos también destaca el futuro de las conocidas como las tecnologías limpias ('cleantech'), como los sistemas de distribución inteligente de energía en la red, los sistemas de almacenamiento de energía, la generación de energía neutra en carbono y la energía de difusión, que responden a la necesidad de proteger y preservar el medio ambiente. La investigación concluye que más de un 75% de la energía mundial será producida por energías renovables en 2050".

"Las áreas de riesgo asociadas a las tendencias tecnológicas revisadas también han sido tenidas en cuenta en el informe utilizado".

8.3 WORK/TECHNOLOGY 2050

Un informe más comprensivo es el realizado por Millennium Project con ese título, justo antes de la pandemia, en una parte del cual participó como experto el que esto escribe. De él se pueden extraer las siguientes tendencias.

- Inteligencia Artificial.
- Robótica.
- Biología Sintética y Genómica.
- Ciencia de la Computación.
- La Nube y la Analítica Big Data.
- Realidad Artificial y Realidad Aumentada.
- Nanotecnología.
- Internet de las Cosas, Tele-Todo, Tele-Todos y Fred Semántica.
- Computación cuántica.
- Telepresencia holografía.
- Comunicaciones.
- Inteligencia aumentada.
- Inteligencia Colectiva.
- Inteligencia Artificial Colectiva.
- Blockchain.
- 3D/4D Printing Materials/Biology.
- Drones, Driverless Cars (y otros medios de entrega de productos).
- Tecnología de la Consciencia.

FUERTE SINERGIA ENTRE TODAS LAS TECNOLOGÍAS ANTERIORES .

8.4 2030 HOW TODAY`S BIGGEST TRENDS WILL COLLIDE AND RESHAPE THE FUTURE OF EVERYTHING

En el libro de 2020 del mismo título de este apartado del español Mauro F. Guillén, hoy, y desde marzo de 2021, es el Decano de la Cambridge Judge Business School y miembro del Queen's College de la Universidad de Cambridge, establece unas tendencias mucho más generales.

La población mundial crecerá a pesar del descenso de la natalidad en los países desarrollados. Es espera un nuevo baby boom en los países africanos.

Revisión de los sentidos de "viejo" y de "joven", retraso de la edad de jubilación y el fenómeno de los "seniors digitales" o seniors sabios en tecnología.

La vieja clase media y la nueva clase media.

Papel destacado de las mujeres las cuales será las millonarias, las emprendedoras y las líderes del futuro.

El calentamiento global, los hípsters y la preocupación por la supervivencia.

Mas teléfonos móviles que lavabos. Reinventando la rueda. La nueva explosión cámbrica de la creación destructiva.

El efecto de las redes. Más de 8,5 miles de millones de conexiones.

Más monedas que países. Imprimiendo monedas. El papel destacado del Blockchain. El final de los bancos[11].

[11] https://www.amazon.es/2030-Viajando-hacia-conocemos-colecci%C3%B3n/dp/8423431924/ref=sr_1_1?crid=2XZZ-ZPDQ2CA2O&dchild=1&keywords=2030+mauro+guillen&qid=1634637762&qsid=262-2527179-0466349&s=books&sr=1-1&sres=8423431924%2C1250268176%2C3455012558%2C8901246082%2C8423432211%2C8483569906%2C8423432157%2C0241448301%2C8460815943%2C8409212110%2C1502921898%2C0199683603%2CB08GVCCT7P%2C3030426564%2C1838606238%2CB094F69F8Q&srpt=ABIS_BOOK

9. Escenarios alternativos

El resto del siglo XXI viene enmarcado de una forma muy general por tres grandes revoluciones consecutivas en el tiempo, pero solapadas:

La Digital, la Biológica y la Espacial (Colonización del espacio cercano).

En paralelo con ellas existen grandes movimientos relacionados con:

La transición energética, el cambio climático, la sostenibilidad, la economía circular y, sobre todo, una difusión de lo que denominamos, **Sociedad Comunitaria Activa**.

Esta última denominación alude a una nueva sociedad muy centrada en la llamada Sociedad Civil que es la que debe tener un papel relevante en el siglo XXI. Dentro de ella se encierra un sentido comunitario, colaborativo y ético de la sociedad, a la vez que una forma de vida en la que se revalúe de manera importante el espíritu de innovación toma de riesgos y emprendimiento.

Poniendo juntas todas las consideraciones hechas hasta hora se podría formular tres escenarios alternativos para el caso de nuestro país:

Escenario 1: Éxito de las revoluciones tecnológicas y de las tendencias positivas en marcha

Sería una situación en la que la digitalización y otras revoluciones paralelas tengan éxito y en España se genere o desarrolle con solidez, fortaleza y resiliencia una verdadera Economía Social de Mercado que deje atrás los viejos esquemas del capitalismo y del socialismo.

El mundo fuertemente tecnológico hacia el que vamos sería aceptado por todos, pero estaría bien regulado y orientado con el bienestar de todos y el bien común como objetivos.

Todo estaría inspirado por esa **Sociedad Comunitaria Activa** que proponemos, la cual debería ser compatible con una verdadera democracia representativa sin radicalismos y un liberalismo económico virtuoso que sirva para mantener activa a nuestra sociedad, pero sin sobrepasar los derechos humanos de todos sus componentes con fuerte dominio de la ética y de la sostenibilidad.

Las nuevas tecnologías son fuertemente aceptadas, la reindustrialización se hace realidad y el país entra en la dinámica positiva de otro "milagro español".

Se acepta la tendencia actual hacia el autoempleo y muchos habitantes del país viven de su iniciativa personal.

Escenario 2: Continuidad del mundo y la sociedad en la que estamos.

El país no consigue el dinamismo necesario para organizarse, crecer y superarse de forma importante, pero se las arregla para sacar partido a su pertenencia a la Unión Europea. Consigue no quedarse atrás como cuarto país en volumen de dicha Unión y mejora sus resultados en términos de inversión, productividad y renta per cápita.

Los fondos europeos y otras formas de financiación se utilizan adecuadamente y el país detiene su tendencia a descender de posiciones en los rankings mundiales de todo tipo.

Las tendencias actuales de los más jóvenes en cuanto a entrar y capacitarse en las nuevas tecnologías y en cuanto a innovar, emprender y tomar riesgos, se generalizan y se desarrolla una verdadera economía digital. No tan poderosa como la esperada en el primer escenario, pero válida también para que la situación no se deteriore aceleradamente.

Escenario 3: Conflictividad política, desorganización social y deterioro económico

No se consiguen detener las tendencias negativas actuales, la conflictividad social se generaliza y se radicaliza y la economía se deteriora adicionalmente.

La utilización de las nuevas tecnologías no llega a generalizarse entre nosotros y el espíritu innovador y emprendedor termina sin cuajar.

La dependencia del consumo y de industrias y servicios de bajo valor añadido y poca productividad sigue siendo la norma.

Los tres grandes componentes institucionales de un país como el Gobierno, el establishment económico - empresarial y la sociedad civil no terminan por saber invertir, reindustrializar y relanzar la economía. El deterioro continúa, el desempleo aumenta y el nivel de vida baja de forma importante.

10. Conclusiones

Queda claro por lo dicho en este trabajo que las nuevas revoluciones tecnológicas en marcha y las oportunidades que conllevan permitirían un resurgir notorio de nuestro país.

De los tres escenarios establecidos el **Escenario 1** es el más favorable y el que debería ser utilizado como objetivo a conseguir.

La reindustrialización y la renovación del espíritu innovador, tecnológico y emprendedor es una especie de asignatura pendiente entre nosotros que deberíamos "aprobar" con rapidez.

El mundo está a las puertas de una Nueva Gran Transformación llena de oportunidades, aunque no siempre fáciles de poner en marcha.

Es una época de nuevas tecnologías, es decir, de nuevas artesanías, en la que los ingenieros prácticos y realizadores tienen, de nuevo, un papel muy destacado.

Ante la realidad vivida en los últimos años de dependencia del liberalismo económico y del mecanismo de mercado como únicos instrumentos en los que confiar para la marcha de un país, conviene volver a los principios del primer capitalismo en los que por encima de todo estaba, el esfuerzo, la iniciativa, la innovación y el emprendimiento.

La inventiva y la capacidad de tomar riesgos deben ser revitalizados entre nosotros, especialmente entre los ingenieros que son los más cercanos al mundo que se nos viene encima.

La capacidad de hacer y resolver en un mundo fuertemente tecnológico es lo más importante a desarrollar entre nosotros.

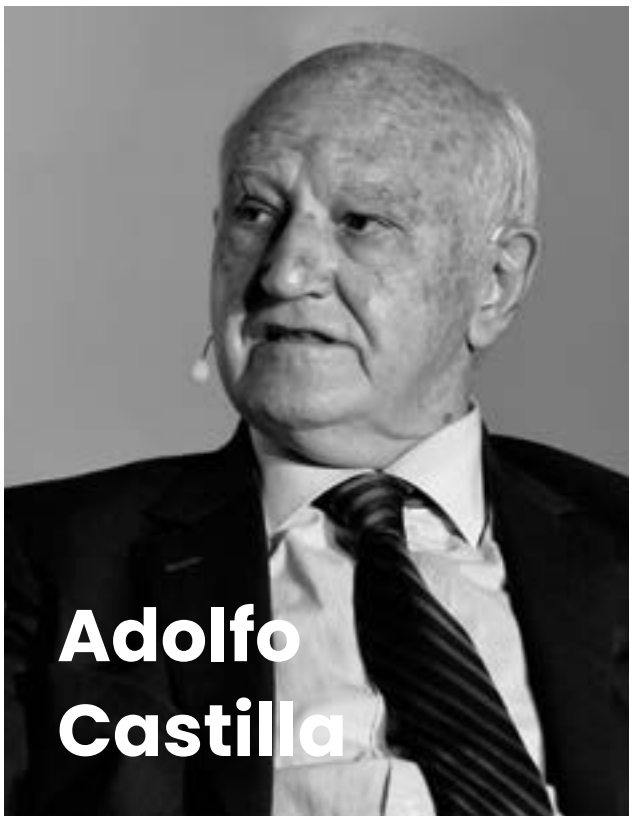
A pesar de que el turismo y otros servicios no sea algo a no cultivar y a no tener en cuenta, tenemos que superar el gran síndrome de la economía de nuestro país relacionado con el número excesivo de microempresas, de bajo valor añadido, baja productividad y muy orientadas al consumo a corto plazo.

Ante la realidad vivida en los últimos años de un Gobierno inactivo en términos de inversiones y realizaciones económicas, de un segmento empresarial anquilosado, es table y anticuado en sus planteamientos que tampoco contribuye de forma destacada a la expansión de nuestras posibilidades de verdadera expansión económica, parece haber llegado el momento de la **Sociedad Comunitaria Activa**.

Bibliografía

- Arias, Xosé Carlos y Antón Costas, La nueva piel del capitalismo, Galaxia de Gutenberg, Barcelona, 2016.
- Banerjee, Abhijit y Esther Duflo, Good Economics for Hard Times, Penguin Books, New York, 2019.
- Carter, Zachary D., El Precio de la Paz, Paidós, Barcelona, 2021.
- Chomsky, Noam y Marv Waterstone, Las consecuencias del capitalismo. La fábrica de descontentoy resistencia, Bellaterra Edicions, Manresa, 2021
- Collier, Paul, The Future of Capitalism, Penguin Books, UK, 2019.
- Eubanks, Virginia, La Automatización de la Desigualdad, Capitan Swing, Madrid, 2019.
- Galbraith, James K., Desigualdad y desequilibrio, RBA, Barcelona, 2016.
- Galbraith, James K., Desigualdad, Deusto, Barcelona, 2016.
- Glenn, Jerome C., Elizabeth Florescu y The Millennium Project Team, State of the Future 19.1, © 20 THE MILLENNIUM PROJECT WASHINGTON, D.C. 20016-4055 U.S.A, 2019
- Glenn, Jerome C. and The Millennium Project Team, Work/Tecnology 2050. Scenarios and Actions, © 20 THE MILLENNIUM PROJECT WASHINGTON, D.C. 20016-4055 U.S.A, 2020.
- Guillén, Mauro F., 2030. How Today's Biggest Trends, will Collide and Reshape the Future of Everything, Martin's Press, NY, 2020.

- Haskel, Jonathan y Stian Westlake, Capitalism without Capital. The Rise of the Intangible Economy, Princeton University Press, 2019
- Henderson, Rebecca, Reimagining Capitalism in a World on Fire, PublicAffairs, Nueva York, 2020.
- Innerarity, Daniel, Pandemocracia, Galaxia de Gutenberg, Barcelona, 2019.
- Lasalle, José María, El liberalismo herido, arpa, Barcelona, 2021.
- Martin, Roger L. (2020), When More is not Better, Overcoming America's Obsession with Economic Efficiency, Harvard Business Review Press, Boston
- Maucourant, Jerôme, Descubrir a Polanyi, ediciones bellatera, Barcelona, 2009.
- Mazzucato, Mariana, El valor de las cosas. Quién produce y quién gana en la economía global, Taurus, Madrid, 2019.
- Mazzucato, Mariana, Mission Economy. A Moonshot Guide to Changing Capitalism, allen lane, Penguin Random House, UK, 2021
- Mazzucato, Mariana, No desaprovechéis esta crisis, Galaxia de Gutenberg, Barcelona, 2021
- Milanovic, Branko, Global Inequality. A new Approach for the Age of Globalization, The Belknap Press, Cambridge, 2016
- Milanovic, Branko, Capitalismo nada más. El futuro del sistema que domina al mundo, Taurus, Madid, 2020.
- Piketty; Thomas, La economía de la desigualdad, Anagrama, Barcelona, 2015.
- Pistor, Katharina, The Code of Capital, How the Law, Creates, Wealth an Inequality, Princeton University Press, New Jersey, 2019.
- Polanyi, Karl, La Gran Transformación (Nueva Edición) Fondo de Cultura Económica, 2018
- Raworth, Kate, Economía Rosquilla. 7 maneras de pensar la economía del siglo XXI, Paidós.
- Reich, Robert B, Supercapitalism. The Battle for Democracy in an Age of Big Business, Icon Books Ltd, Londres, 2009.
- Reich, Robert B., Saving Capitalism. For the Many Not the Few, Alfred A. Knopf, Nueva York, 2015.
- Reich, Robert B.), The System. Who rigged it, how we fix it, Picador, Nueva York, 2021.
- Ridley, Matt, Claves de la innovación, Antoni Bosch Editor, Barcelona, 2021
- Scheler, Max, Tres ensayos sobre el problema del espíritu capitalista, Guillermo Escolar, Madrid, 2021
- Sebastián, Carlos, España estancada, Por qué somos poco eficientes, Galaxia de Gutenberg, Barcelona, 2016.
- Sebastián, Carlos, El capitalismo del siglo XXI. Mayor desigualdad menor dinamismo, Galaxia de Gutenberg, Barcelona, 2021.
- Shiller, Robert J., Las finanzas en una sociedad justa. Dejemos de condenar el sistema financiero y, por el bien común, recuperémoslo, Deusto, Barcelona, 2012.
- Snyder, Luara J., El Club de los desayunos filosóficos, Acantilado, Barcelona, 2021
- Tepper, Jonath y Denise Hearn, El Mito del Capitalismo, Rocaeditorial, Barcelona, 2020.
- Tooze, Adam, CRASH. Cómo una década de crisis financieras ha cambiado el mundo, CRÍTICA, Barcelona, 2018.
- Tooze, Adam, El Apagón. Cómo el coronavirus sacudió la economía mundial, CRÍTICA, Barcelona, 2021.
- Wark, McKenzie, El capitalismo ha muerto. El ascenso de la clase vectorialista, Holobionte Ediciones, Barcelona, 2021.



Adolfo Castilla

Adolfo Castilla Garrido es catedrático de Economía Aplicada y doctor Ingeniero (ICAI), licenciado en CC. EE. y EE. (U. A. M.), posee un MBA en Wharton School, es máster en Ingeniería de Sistemas e Investigación Operativa por Moore School (Univ. Pennsylvania. U. S. A.) y licenciado en Informática (U. P. M.).

Reconocido experto, profesor y conferenciante en temas de Prospectiva y Previsión Tecnológica, actualmente es consejero Ejecutivo de Innovation Wars, S.L./CiBUC.

Antiguo profesor de la Universidad Antonio de Nebrija, de la Universidad Francisco de Vitoria y de la Universidad Alfonso X. Es profesor en CEPADE (U. P. M.) y presidente de "Adolfo Castilla y Asociados, S. L.". Antiguo miembro del Alto Consejo Consultivo del Instituto de Ingeniería de España, presidente de AESPLAN, presidente durante muchos años del Capítulo Español de la World Future Society. Miembro del Comité Directivo del Proyecto LINK de las Naciones Unidas y participante en sus reuniones semestrales en NY y alrededor del mundo desde 1983.

En el campo empresarial ha fundado y/o ejercido altas responsabilidades en compañías especializadas en los siguientes sectores: Telecomunicaciones, Consultoría Estratégica, Automoción y Energía.

Ha sido, director de Prospectiva y Planificación Estratégica en Fundesco, director general en España de Roland Berger, Consultor principal en España de Ameritech, director general de Sprint International, presidente de FLAG Telecom Spain y vicepresidente de FLAG Telecom Mundial.

Mesa 6 / Ponencia 3

GRANDES DESAFÍOS Y OPORTUNIDADES DEL SECTOR AUTOMOCIÓN

Francisco J. Riberas. *Presidente Ejecutivo de Gestamp*

El ámbito industrial, y en concreto el sector de automoción, siempre ha sido foco de atracción de talento e históricamente, ha ofrecido estabilidad en el entorno laboral y trayectorias profesionales relevantes al ser un sector innovador y de largo plazo. Aunque el mundo hoy está cambiando y la incertidumbre marca el mercado, los retos que afrontamos predicen también interesantes oportunidades para el futuro en un escenario más complejo, pero también más dinámico e interconectado.

Durante la pandemia, el sector de automoción, igual que muchos otros, se ha visto afectado, reflejándose en grandes caídas de volúmenes en la producción mundial de vehículos. El panorama de 2021 ha estado marcado por la subida de precios en las materias primas, la inflación y el desabastecimiento de semiconductores, lo que ha provocado que los volúmenes de producción global de automóviles hayan seguido una línea similar a 2020: se han fabricado alrededor de 76 millones de vehículos vs. 74,6 millones en 2020. Durante el 2021 hemos tenido que enfrentarnos y adaptarnos a las incertidumbres del mercado y estas se prevé que perduren al menos durante el comienzo de 2022.

Este contexto está provocando nuevas necesidades económicas, sociales y medioambientales. Para abordarlas es imprescindible idear, diseñar, adaptar y llevar a cabo soluciones innovadoras, flexibles y alineadas con el nuevo escenario. Nos enfrentamos a tres grandes desafíos que van a suponer un reto para la industria de la automoción: las megatendencias del sector (CASE), la Industria 4.0 y ESG.

El primero es inherente al sector y los otros dos son transversales a la industria.

1. El futuro de la automoción: el CASE, la Industria 4.0 y ESG (Environmental, Social, Governance)

CASE – Connectivity, Autonomous Driving, Shared Mobility and Electrification.

Conectividad, conducción autónoma, movilidad compartida y electrificación son los pilares sobre los que se construye el futuro de la industria de automoción. Estas cuatro megatendencias, conforman uno de los principales retos para el sector, para los que buscamos respuestas desde antes del inicio de la pandemia por COVID-19.

> *Conectividad, conducción autónoma, movilidad compartida y electrificación son los pilares sobre los que se construye el futuro de la industria de automoción.*

Es innegable decir que cada día estamos más conectados gracias a las nuevas tecnologías y el sector del automóvil también lo está. Esta tendencia está directamente relacionada y resulta fundamental en el camino hacia el coche autónomo. Se estima que más del 85% de los vehículos vendidos en 2040 serán parcialmente autónomos y un 11% serán completamente autónomos según el informe BNEF EVO2021 de Bloomberg y McKinsey.

Precisamente esta consciencia de lo que rodea al vehículo supone uno de los mayores hitos para la industria. Las implicaciones son enormes y requerirán de una gran cantidad de infraestructuras asociadas: la tecnología habilitadora 5G, la nube y una comunicación móvil fiable con amplia cobertura geográfica y suficiente capacidad. Y es que, dado que las condiciones de la vida real son impredecibles, el automóvil autónomo debe poder acceder a una imagen de su entorno en tiempo real a través de cámaras y radares. También es preciso establecer una comunicación directa de corta distancia, no solo para comunicarse y estar conectado con otros vehículos y objetos cercanos, como peatones y semáforos, sino también para interpretar lo que otro conductor puede hacer. Y, por último, los coches autónomos requieren acceso, a través de la nube, a mapas con ubicaciones de carreteras, señales de stop y de tráfico, peligros en la carretera y cualquier otro elemento que pueda influir en la conducción.

Enmarcada en el CASE se encuentra la tendencia del coche compartido en donde el modelo de negocio tradicional cambia y entran en juego nuevos "players" con plataformas de movilidad intermodal, una interfaz entre el usuario final y varios operadores de movilidad. Esto supone que el OEM y el usuario final tienen una relación distinta. Las empresas más importantes del sector de la movilidad compartida son parcial o totalmente propiedad de fabricantes de vehículos, que tienen la motivación y los recursos necesarios para invertir en ellos como estrategia de cobertura del negocio principal. Esta mega tendencia permitirá un uso de vehículo más pragmático ya que da la posibilidad de aprovechar al máximo el vehículo, se adecua a las necesidades del usuario en cada momento y el coste de propiedad se pierde ante el coste de utilización.

En cuanto a la electrificación, nos encontramos inmersos en la mayor revolución del sector de la automoción; la transición al vehículo eléctrico es irreversible ya que es el medio para conseguir una movilidad sostenible. Hoy en día las regulaciones de emisiones de CO_2 son cada vez más severas imponiendo estrictas restricciones medio ambientales.

Según IHS Markit, en 2029 en torno a un 40% de los vehículos producidos en el mundo serán puramente eléctricos o híbridos enchufables. Esta cifra continuará subiendo progresivamente. La electrificación conlleva la aparición de nuevos nichos de mercado asociados donde encontramos vehículos eléctri-

cos de larga distancia, "small city cars" y vehículos de entrega de última milla. Los vehículos eléctricos de larga distancia tienen similares características a las de un vehículo de combustión, pero requerirán de infraestructuras de carga que en este momento no están ampliamente desarrolladas. Por otra parte, destacan los "small city car", cuya popularidad se ha incrementado en los últimos años gracias a la mayor penetración de la movilidad compartida en grandes ciudades. Y, por último, los vehículos comerciales, que, impulsados por el aumento del comercio electrónico, están ganando protagonismo para el sector por las oportunidades que presenta la electrificación para hacer más eficientes las entregas de la última milla.

En Gestamp estamos muy enfocados en satisfacer las necesidades que surgen de la electrificación de los vehículos. Nuestros productos tradicionales, que en muchas ocasiones desarrollamos de la mano de nuestros clientes, ayudan a conseguir vehículos cada vez más ligeros y a la vez más seguros, premisas clave en la tendencia de electrificación. Pero además diseñamos y producimos piezas específicas para vehículos eléctricos como por ejemplo la caja de baterías.

2. Industria 4.0

El sector del automóvil va a ofrecer muchas oportunidades en el futuro, derivadas de la evolución hacia lo que en Gestamp llamamos la Smart Factory, con el inherente desarrollo e implantación de modelos de producción más flexibles, fábricas conectadas más inteligentes y eficientes gracias a nuevas tecnologías habilitadoras.

La Industria 4.0 supone un hito para Gestamp y para el conjunto de la industria. El proceso requiere de un plan de acción sólido y del talento de los profesionales que lleven a cabo ese plan para alcanzar una transformación que ya somos capaces de vislumbrar.

Tenemos ejemplos de algunas aplicaciones que ya son una realidad en Gestamp. Contamos con proyectos piloto de fábricas con gemelos digitales, por ejemplo, que consisten en duplicar toda una planta de producción en un modelo informático que analiza, compara y aporta información en tiempo real de cada uno de los procesos gracias al 5G. Esto se traduce en hacer posible un mantenimiento predictivo de nuestros activos y no correctivo o preventivo, como se hacía habitualmente. Los gemelos digitales permiten predecir los escenarios posibles, evitar errores y la toma de decisiones eficiente y automatizada. Esta nueva era en la industria de automoción también hará posible, por ejemplo, transformar los controles de calidad para que se basen en los parámetros industriales y no en controles visuales. Mediante la recogida y el análisis de datos es posible analizar los procesos para entregar productos con cero defectos.

En definitiva, la Industria 4.0 brinda una enorme oportunidad para el desarrollo de nuevos perfiles que son y serán clave para la adopción de esta tendencia. Es fundamental la formación de los trabajadores en este sentido, a través del upskilling y el reskilling, para preparar a las personas de cara a los retos que esta tendencia nos plantea.

> *Es fundamental la formación de los trabajadores [...] a través del upskilling y el reskilling, para [...] los retos que esta tendencia nos plantea.*

3. ESG

El tercer reto fundamental al que se enfrenta el sector atañe a toda la sociedad y, por supuesto, a toda la industria. Las siglas ESG corresponden a "Environmental", "Social" y "Governance" (medioambiente, social y gobierno corporativo).

La E de "Environmental", tiene que ver con el camino que debemos recorrer para luchar contra el cambio climático e impulsar la reducción de emisiones de CO2. La regulación cada vez es más estricta, especialmente en Europa, donde el Reglamento de la UE "Fit for 55" dicta que a partir de 2035 todos los vehí-

culos fabricados en su territorio deben cumplir con el requisito de cero emisiones de CO2. Además, impone duros objetivos de reducción de emisiones desde 2030, lo que afectará a toda la flota de vehículos.

La existencia de un marco normativo ayuda a impulsar la puesta en marcha de iniciativas en el sector público y privado que contribuyan a este objetivo. Nuestros clientes, los fabricantes de vehículos, ya están adoptando políticas que incluyen acciones de reducción de CO2 en los materiales utilizados, en su consumo de energía y en sus cadenas de suministro. Estos desafíos son fundamentales para constituir un sector más sostenible y conllevan oportunidades en el ámbito industrial extremadamente interesantes para los profesionales del futuro.

La descarbonización no atañe solo a la fase de uso del vehículo, sino también a su producción y a toda la cadena de suministro. En Gestamp estamos claramente comprometidos y trabajamos en mejorar día a día. Somos la primera empresa del sector que operará con energía renovable en todas las plantas de España a partir de 2022, gracias al acuerdo alcanzado recientemente con Naturgy.

De la misma forma, hemos recibido la certificación Residuo Cero de AENOR, que constata que los sistemas de gestión de residuos del 63% de las plantas del Grupo cumplen con una completa trazabilidad de los residuos desde su generación hasta su entrega a un gestor para su valorización, asegurando la inexistencia de residuos con destino final a vertedero.

Desde el punto de vista de la "S" Social, encontramos varios pilares fundamentales en los que trabajamos en Gestamp: seguridad y salud de nuestros trabajadores, formación, diversidad e inclusión, acción social... Por citar alguno, la seguridad de nuestros trabajadores es y ha sido siempre una de nuestras prioridades, estando siempre a la vanguardia gracias al sistema propio de prevención, o la formación de nuestros empleados, otra prioridad en nuestra estrategia social.

Por último, respecto a la "G" como empresa cotizada, en Gestamp cumplimos con los requisitos que se nos exigen como tal, e incluso vamos más allá en recomendaciones de buen gobierno y trabajamos con el afán de mejorar cada día en este sentido.

Como empresa industrial, tenemos un claro compromiso con todos los aspectos mencionados de ESG, pero trabajamos especialmente en contribuir positivamente a la descarbonización y el cambio climático, así como en apoyar a nuestros clientes en este importante camino.

4. Conclusiones

El sector industrial y, en concreto, la industria de la automoción, tienen ante sí retos inmensos a los que solo se puede hacer frente con personas técnicamente formadas, con valores y ambición individual y colectiva. La digitalización es el medio para lograr la transformación industrial necesaria para así dar soluciones a los retos del sector y de la sociedad.

Para lograrlo, la educación es la clave, pero debe estar en conexión directa con la empresa, por lo que la colaboración constante entre Universidad y empresa es fundamental para potenciar el desarrollo económico y la industria. A diferencia de lo que ocurre en otros países de nuestro entorno, en España este modelo de colaboración universidad-empresa no es habitual. Sin embargo, ICAI y Gestamp han demostrado que el éxito de la alianza es positivo en términos educativos y económicos, y como consecuencia, para la sociedad, al obtener resultados excelentes de esta colaboración. El Máster en Dirección Internacional de Proyectos Industriales o la Cátedra de Industria Conectada reflejan esa capacidad de adaptación al entorno cambiante al que hacía referencia al inicio.

Hoy, la formación y la atracción del talento son dos desafíos para las empresas, ya que sin ellos es imposible desarrollar proyectos que hagan posible la transición de la industria. En este sentido, es necesario subrayar la capacidad de adaptación de ICAI a un entorno cambiante y retador. A lo largo de su siglo de vida, la institución se ha mantenido a la vanguardia de la formación y lo seguirá haciendo en el futuro, formando a las personas que afrontarán los retos del sector del automóvil a nivel mundial en los próximos años.

Los retos del futuro van a requerir de personas con conocimientos técnicos, pero también con valores como el compromiso y esfuerzo, que son los que marcan la diferencia entre empresas orientadas al futuro y aquellas que no comparten este horizonte.

Francisco José Riberas

Francisco José Riberas Mera es Licenciado en Derecho en 1987 y Licenciado en Ciencias Económicas y Empresariales en 1988 por la Universidad Pontificia de Comillas (ICADE E-3), Madrid.

Comenzó su carrera profesional ocupando diferentes posiciones en el Grupo Gonvarri, como director de Desarrollo Corporativo y posteriormente como consejero delegado. En 1997 creó Gestamp y desde entonces ha sido su presidente ejecutivo, conformando con el tiempo lo que hoy es Gestamp.

Es miembro de Consejos de Administración en Telefónica, CIE Automotive y General de Alquiler de Maquinaria (GAM). Además, forma parte de los órganos de administración de otras sociedades de Gestamp y de sociedades del holding familiar Acek, entre las que se incluyen sociedades del Grupo Gonvarri, Acek Energías Renovables, Inmobiliaria Acek y Sideacero. Adicionalmente, Francisco J. Riberas preside la Fundación Consejo España- China, el Consejo Asesor Empresarial España-China y la Fundación Endeavor en España. Además, ha sido presidente del Instituto de Empresa Familiar entre mayo de 2018 y junio de 2020.

Mesa 6 / Ponencia 4

INNOVACION, PROGRESO TECNOLOGICO Y CONOCIMIENTO ANTE LOS RETOS DEL SIGLO XXI

Amparo Moraleda Martínez. *Consejera en Airbus Group SE, CaixaBank, Solvay SA, Voda-fone Plc.*

A lo largo de estos más de treinta años de trayectoria profesional nunca había percibido con tanta claridad la creciente intersección existente entre el binomio ingeniería/tecnologías de la información y los grandes desafíos que afrontan las empresas, las instituciones y el conjunto de la sociedad de nuestro tiempo.

Por este motivo, conjugando mi experiencia ejecutiva y la adquirida en el sector de las TIC me gus-taría centrar este trabajo en dar repaso en primer lugar algunos de los **grandes retos de la ingeniería**, porque creo que representan las grandes oportunidades de innovación y crecimiento para las empresas y de progreso para nuestra sociedad, para exponer a continuación cómo las tecnologías de la información y **la supercomputación en particular**, constituyen una herramienta clave para dar respuesta a estos retos.

Como conclusión me he permitido una reflexión sobre las implicaciones de los avances tecnológicos para el mercado laboral y nuestro sistema educativo que deben adaptarse de forma urgente a esta nueva realidad para que Europa y España sigan mejorando su potencial innovador y la competi-tividad de sus economías.

1. Los Grandes Retos del siglo XXI

El siglo XX, o por lo menos el último cuarto en el que he ejercido mi carrera profesional, fue un siglo de audacia, velocidad y gran escala. Tecnológicamente fue un periodo dominado por la física, las telecomunicaciones y el transporte a alta velocidad. Se conquistaron el tiempo y el espacio y en gran parte del mundo, la población consiguió tener acceso a la alimentación, al agua potable, a la atención sa-

nitaria, a la educación y a la información. Durante el último siglo, la esperanza de vida de los europeos y de los norteamericanos se ha casi duplicado.

El siglo XXI será muy diferente. Tecnológicamente durante estos primeros años, gran parte de la atención y de la inversión se viene centrando en las Tecnologías de la Información y Biotecnología, pero economistas, ingenieros y científicos tendrán que dar una respuesta satisfactoria a retos tan importantes como el estancamiento del crecimiento económico, la creciente desigualdad social y el abastecimiento de energía y de agua y alimentos en un planeta donde pronto vivirán nueve mil mi-llones de personas. Además, tendremos que ocuparnos de gestionar la complejidad del mundo que hemos creado y de algunos de los excesos de la tecnología del siglo XX, que nos han dejado un legado de problemas sanitarios exacerbados por la pandemia, medioambientales y el reto del "Cambio Climático".

Es fácil sentirse abrumado por las perspectivas poco alentadoras ante el estado actual del mundo tras la crisis sanitaria y el lento ritmo de la recuperación. Todos los países se han visto afectados en mayor o menor medida. Sin excepción, hemos asistido a un crecimiento de la desigualdad social que ha reforzado el sentimiento antiglobalización y que en muchos casos ha derivado en cambios políticos relevantes. Pero como académicos, economistas, financieros, ingenieros o empresarios, debemos centrarnos en aprovechar todas y cada una de las oportunidades a nuestro alcance para crear un mundo mejor a la vez que contribuimos a salir de esta crisis creando valor sostenible para nuestras empresas y para nuestra sociedad.

2. Los grandes retos de la Ingeniería: Oportunidades de Innovación y Progreso

Es notable la frase de Nicolás Maquiavelo que reza:

"No hagáis planes pequeños porque carecen del poder de conmover el alma".

Con esta intención hace unos años, la Academia de Ingeniería de Estados Unidos creó una comisión para elaborar la lista de los grandes retos para la ingeniería que, de superarse, mejorarían la vida en la tierra y que además fuesen alcanzables en una o máximo dos décadas si se dedicasen las mentes y los recursos necesarios a la tarea[1].

> *"No hagáis planes pequeños porque carecen del poder de conmover el alma"*

La comisión estaba formada por 18 personas, innovadores, expertos ingenieros, médicos y científi-cos. Incluía personalidades como Sir Alec Borres, vicerrector de la Universidad de Cambridge, el futurista RayKurzweil, el fundador de Google Larry Page, el especialista tecnológico africano Ca-lestous Juma, el biocientífico Craig Venter, el Premio Nobel de Química Mario Molina, el bioinge-niero RobertLanger, el antiguo gobernante brasileño Jamie Lerner y el nano tecnólogo Jackie Ying.

Las conclusiones de esta comisión fueron comunicadas a través de una página web altamente inter-activa que recogía aportaciones de todo el mundo y más de 50 expertos en distintas materias revisa-ron las conclusiones del informe.

Con base a este informe, la Academia publicó catorce Grandes Retos para la Ingeniería que se pueden clasificar en cuatro grupos:

El primer grupo tiene que ver con la energía, el medio ambiente, el calentamiento global y la soste-nibilidad. Incluye la conversión de la energía solar en una fuente de energía competitiva, la produc-ción de energía a partir de la fisión nuclear, el descubrimiento de métodos eficientes para la captura y almacenamiento de carbono, el manejo del ciclo del nitrógeno y el acceso a agua potable en todas partes del mundo. El asociado al ciclo del nitrógeno es el menos conocido de todos ellos, pero será un tema importante en los años venideros. Tiene que ver con el mundo de los fertilizantes que serán cada vez más

[1] *National Academy of Engineering of the United States: Grand Challenges for Engineer-ing* http://www.engineeringchallenges.org

importantes a medida que crece la población del mundo y a medida que la agricultura se utilice para producir biocombustibles y que se extienda el uso de materiales renovables en los procesos de producción reduciendo así su huella medioambiental.

El segundo grupo está relacionado con la medicina y la atención sanitaria. Existen dos grandes vectores en este campo: uno de ellos se refiere a la elaboración de medicamentos aplicando por ejemplo la genómica para poder realizar una medicina personalizada y por otro lado está la forma de proporcionar una atención sanitaria más eficiente, eficaz y a un menor coste. Recordemos que los errores médicos son la tercera causa de mortalidad en los Estados Unidos y que los gastos sanitarios equivalen al 20% de su PIB. La pandemia ha evidenciado la magnitud de ambos retos.

El tercer grupo de retos pretende reducir los riesgos naturales y humanos que amenazan nuestras vidas. Incluye la salvaguarda del ciberespacio, la prevención del terrorismo nuclear y el restableci-miento y la mejora de las infraestructuras urbanas. Este último significa que tenemos que mejorar las infraestructuras fundamentales sobre las que se sostiene la civilización. Este es sin duda uno de los retos que mejor entendemos porque sabemos construir carreteras, puentes, sistemas ferroviarios, sistemas hidráulicos y redes de transporte y distribución de energía y gas natural. Pero la realidad es que los problemas a los que se enfrentan tanto los países desarrollados como en vías de desarrollo son de gran magnitud y de una enorme complejidad. Además, los ingenieros debemos lograr que estos sistemas sean más resistentes, seguros, robustos, flexibles y adaptados al ser humano. Las nuevas infraestructuras deben de tener en cuenta las necesidades de urbanización acelerada en los países emergentes, el desarrollo del comercio internacional y la aplicación de tecnologías más efectivas y verdes.

En el cuarto grupo se compone de todo aquello que, si lográsemos dominar, aumentaría y realzaría las capacidades intelectuales de los individuos y sus umbrales de felicidad. A esta categoría perte-necen el estudio del funcionamiento del cerebro, la mejora de los sistemas de realidad virtual, el desarrollo del aprendizaje personalizado y las nuevas herramientas y procesos para el descubrimien-to científico.

Desde mi punto de vista, es también el reto más emblemático de cuántos afrontará la investigación en la ingeniería en las próximas décadas porque implica que la ciencia neuronal y cognitiva se está convirtiendo en un campo para la ingeniería como lo son hoy en día la física, la química y la biología.

La formulación de estos retos ayuda a comprender mejor las áreas en las que se deberían concentrarla inversión pública y privada, la investigación y la educación para generar innovación valiosa al servicio de la creación de riqueza y para la construcción de un mundo mejor.

3. Las Tecnologías de la Información como aceleradores del proceso de innovación y avance tecnológico

Finalizado el recorrido por las grandes oportunidades para la innovación, me gustaría expresar mi convicción de que las tecnologías de información en general y la supercomputación en particular, están siendo piezas motoras clave para afrontar estos retos en su misión intrínseca de generar valor, crear riqueza y aportar progreso al mundo.

> *...las tecnologías de información en general y la supercomputación en particular, están siendo piezas motoras clave...*

Para empezar, propongo una sencilla definición de qué hablamos cuando nos referimos a super-computación: *"La supercomputación abarca el ámbito de los sistemas informaticos específicamente diseñados para llevar a un nuevo orden de magnitud las prestaciones de los ordenadores tradi-cionales medidas a partir de dos parámetros esenciales: tamaño y tiempo. Son sistemas capaces de procesar un volumen masivo de datos, a una velocidad imposi-*

ble de alcanzar por sistemas de pro-pósito general. Básicamente es el espacio donde a lo largo de cada momento se sitúa la vanguardia de la evolución de las tecnologías de información[2]".

En cierta medida la historia de la supercomputación antecede e impulsa al propio origen del sector de las tecnologías de la información como industria: nacidas en los laboratorios, estuvieron muy ligadas en sus inicios a los ámbitoscientíficos y a reducir los procesos necesitados de cálculo intensivo. Sin embargo, su evolución los ha llevado a integrarse en los procesos empresariales como una herramienta cada vez mas importante, indispensable, me atrevería a decir, para la gestión. Pero si reflexionamos sobre su ámbito real de aplicación, para lo que han servido principalmente hasta ahora es para hacer "lo de siempre" sólo que de manera mas productiva y eficiente.

La supercomputación data sus orígenes en los años cuarenta del siglo pasado y surge de la necesidad de disponer de sistemas tecnológicos capaces de ayudar en procesos de cálculo masivo y en áreas de interés estratégico, como la defensa. Hoy tiene y tendrá un papel cada vez más relevante en la arquitectura tecnológica de estos nuevos tiempos en un momento en que la tecnología puede ofrecer mas capacidades que nunca a una sociedad que necesita como nunca esas capacidades. La "compu-tación extrema" deviene en un paradigma de la nueva escala de posibilidades que estamos construyendo hoy en esa continuaintersección entre conocimiento, tecnología y progreso que recorre y explica nuestra historia y nuestro futuro.

En julio de 2003, el director de la oficina científica del departamento de energía de Estados Unidos, Raymond L Orbach declaró ante el comité de ciencia del congreso de Estados Unidos que: *" ... las herramientas para abordar el descubrimiento científico han cambiado. Antes la ciencia había estado limitada a los procesos de experimentación y teoría como los dos pilares de la investigación de las leyes naturales. Con la llegada de lo que se denominan computación de "Ultra Escala", un tercer pilar, la simulación ha añadido a las bases de descubrimiento científico. Los métodos de informática moderna se están desarrollando a tal rapidez que la simulación computacional es posible a una escala que es comparable en importancia a la experimentación y a la teoría. El significativo poder de estas herramientas está abriendo nuevas perspectivas a la ciencia y la tecnología".*

La mayoría de las áreas de aplicación de esta capacidad de simulación aportada por los super-computadores se puede clasificarenfunción de tres grandes conjuntos de propósitos que cubren:

1. Profundizar en la comprensión de fenómenos naturales complejos de modo que puedan ser entendidos científicamente.
2. Testar mediante simulación, sistemas que son costosos de diseñaro de producir
3. Reemplazar experimentos que son peligrosos.

La simulación basada en los supercomputadores puede salvar la distancia existente entre los datos experimentales y los meros modelos matemáticos lo que nos aporta un formidable medio para pre-decir el comportamiento de sistemas complejos. Volveré sobre este punto más adelante porque marca el punto de conexión entre el pasado reciente de la supercomputación y su brillante presente y futuro.

Desde esta poderosa capacidad de simulación, la supercomputación ha encontrado valiosos campos de actuación científico técnica ligados a los retos que enunciaba al principio de mi intervención: a modo de ejemplo mencionaré algunas de las más representativas:

* En el ámbito de la predicción climática, los supercomputadores están ayudando a predecir variaciones climáticas y la incidencia de la actividad humana sobre estas variaciones, lo que permite comprender mejor cómo evoluciona el clima y el tipo de decisiones que hay que tomar para mini-mizar los posibles efectos adversos de este cambio.
* En exploracióngeofísica, la supercomputación está siendo utilizada como el mejor aliado de ingeniería petrolera en el proceso de identificación de potenciales yacimientos. En este proceso se gestiona un volumen ingente de datos y se necesita guardar múltiples simulaciones, algo que los supercomputadores ayudan a hacer de una manera más rá-

[2] *"La supercomputación: ampliando el ámbito de lo posible"*, discurso de ingreso en la Real Academia de Ingeniería del académico Excmo. Sr. D. Juan Antonio Zufiría Zataraín, 2011

pida y eficaz y a un menor coste. En nues-tro país, Repsol es una compañía con uno de los proyectos más avanzados de utilización de super-computación como instrumento al servicio del análisis en la prospección de yacimientos en el que ha participado la empresa IBM[3].

* El ámbito del diseño, la supercomputación es ya un instrumento insustituible en el proceso de comprender y mejorar cada uno de los múltiples componentes que hay que considerar a la hora de diseñar y producir cualquier tipo de vehículo, desde un automóvil un avión o un satélite espacial. Constituye una herramienta fundamental para la optimización de aspectos como la aerodinámica, el consumo de energía el diseño de la estructura, laseguridad, el confort de los ocupantes o el nivel de ruido generado.

Como vemos, las imbricaciones entre la supercomputación y los más complejos y sofisticados procesos de investigación científica y técnicason enormes. Sus aportaciones pasadas, presentes y futuras en estos ámbitos son y serán, sin duda, más que suficientes para considerar la supercomputación como una herramienta al servicio de la exploración científica imprescindible de nuestro tiempo para dar respuesta a los grandes retos de nuestra sociedad.

> *...una herramienta al servicio de la exploración científica imprescindible [...] para dar respuesta a los grandes retos de nuestra sociedad.*

Es revelador en este sentido cómo ha evolucionado en los últimosaños el ámbito de aplicación de la supercomputación. Si miramos el ranking de los *Top 500 Supercomputers* que viene publicando anualmente la International Supercomputer Conference[4], veremos que en el año 1993 solo alrededor del 30% de los 500 mayores superordenadores del mundo estaban siendo utilizados por empresas con fines comerciales. En la última lista publicada por Top500, ese porcentaje se había prácticamente duplicado, cerca de 60% de los 500 mayores superordenadores del mundo están siendo utilizados para uso empresarial.

Se están abriendo nuevos caminos dentro del mundo de la empresa y de la sociedad para la genera-ción de valor e innovación a través de la supercomputación y es precisamente sobre esos caminos por lo que les invito aprofundizar.

4. Las nuevas aplicaciones de la supercomputación en procesos económicos y sociales

DEL PROCESO DE DATOS A LA TECNOLOGÍA DE LA INFORMACION:

La supercomputación está en la base de la nueva arquitectura de proceso de información masiva de la que disponemos. Diariamente se generan 2,5 trillones de bytes de información digital. El 90% de los datos digitales almacenados hoy en el mundo han sido creados tan sólo en los dos últimos años. Según la consultora IDC, entre 2010 y 2020 el volumen de datos digitales se ha multiplicado por 50, pasando de 0,8 zettabytes en 2010 a 40 zettabytes en 2020[5].

Si el 60% de los datos que se obtiene a partir de los sensores distribuidos por el mundo pierde su valor económico en milisegundos, ¿cuál es el valor de un milisegundo? La respuesta parece ser "mucho" cuando empresas como Spread Networks han invertido hasta 300M de dólares en conectar las bolsas de Nueva York y Chicago con una previsión de creación de valor adicional de 100 millones de dólares al año[6].

[3] *The Kaleidoscope Project,* BSC, http://www.bsc.es/project/kaleidoscope_tmp/index.html

[4] *TOP 500 Supercomputers Sites* http://www.top500.org/

[5] IDC Study: Digital Universe in 2020 (Report IDC 2012)

[6] Spread Networks, http://www.spreadnetworks.com

En este nuevo contexto, parámetros tan tecnológicos como la latencia, se convierten en fuente de ventaja competitiva para los negocios.

En la informática convencional, los sistemas analizan de manera retrospectiva los datos que están previamente recogidos en una base de datos. Los súper ordenadores están diseñados para analizar de manera continua y en tiempo real los volúmenes masivos de datos que se generan de manera permanente y que provienen de bases de datos tradicionales, pero también en formatos no estructurados, capturados de fuentes como sensores, páginas web, redes sociales o cámaras de video vigilancia.

Además de la nueva infraestructura física que proporciona la supercomputación, son necesarios nuevos aplicativos - soluciones software - capaces de extraer valor y conocimiento del inmenso cúmulo de datos que provienen de un mundo cada vez más interconectado, permitiendo además poder tomar decisiones informadas en tiempo real. Muestra de la importancia de estas soluciones y la gran demanda existente es la valoración bursátil de algunos de los nuevos jugadores en este campo como la empresa americana Palantir nacida hace menos de una década y que ya supera los 50 millardos.

A estas nuevas aplicaciones se les conoce como soluciones analíticas y de optimización. El motor "lógico" de estas aplicaciones lo constituyen los "algoritmos" que convierten datos desestructurados en conocimiento. Los algoritmos están detrás de algunos de los avances más relevantes en el campo de la ciencia, la economía y la sociedad y lo más paradójico es que no hay una definición formal de lo que son. El Diccionario de la Real Academia dice que algoritmo es "un conjunto ordenado y finito de operaciones que permiten hallar una solución de un problema" y también "un método de notación en las distintas formas de cálculo".

Se puede afirmar que, tras varias décadas de existencia de la industria del proceso de datos, la co-existencia de capacidad de proceso paralelo masivo, de grandes volúmenes de datos y de sofisticados algoritmos, la industria de las tecnologías de la información está finalmente haciendo honor a su nombre: Tecnología de la INFORMACION.

5. La Supercomputación en la Empresa

OPTIMIZACIÓN DE SISTEMAS COMPLEJOS:

Si como exponía al principio de mi intervención el mundo de la ingeniería está repleto de desafíos, el mundo de la empresa, miremos a donde miremos, está plagado de complejidades y lleno de inefi-cien-cias que la captura de datos y este nuevo recurso pueden contribuir a resolver.

Como ejemplo de las posibilidades de la supercomputación podemos referirnos a su aplicación al mundo de la energía, sector clave para la competitividad de la industria, el bienestar de la sociedad y en estos momentos en la mente de todos por la carestía del recurso y los retos en el abastecimiento de gas.

Pensemos en la cantidad de energía que se pierde en la red de distribución eléctrica. Se estima que las pérdidas anuales en la red eléctrica mundial son equivalentes al consumo agregado anual de electricidad de India, Alemania y Canadá. España ocupa la cuarta posición en consumo de Energía de la Unión Europea y dependemos del exterior para producir el 80% de la energía que consumimos. La supercomputación se podría utilizar en la gestión inteligente de las redes eléctricas.

La red incorpora fuentes de energías continuas, como las de las centrales nucleares, fluyentes, como la hidráulica y la eólica cuya disponibilidad en función de la meteorología tiene prioridad frente a la suministrada por los ciclos combinados que consumen energías fósiles. La variabilidad de las fuentes y del consumo hacen de la red un sistema complejo de planificar, administrar y equilibrar. Los sensores para monitorizar el estado de las infraestructuras permiten planificar operaciones de mantenimiento preventivo y correctivo. La administración de la carga del sistema de red se realiza desde hace años sin incidencias introduciendo mejoras evolutivas. Pero ¿qué ocurre cuando se pueden incorporar al sistema los datos de comportamiento del usuario final? La instalación generalizada de contadores digitales permitirá no sólo tener un mayor control sobre sus patrones de consumo a los usuarios, sino una mayor capacidad de optimización de los recursos. Nuevas capacidades de generación local y nuevas deman-

das de consumo como las derivadas de los coches eléctricos serán factores que multipliquen los niveles de complejidad de la red. Esa complejidad se puede convertir en datos y, por tanto, en problemas resolubles a partir de la potencia de cálculo y la capacidad analítica masiva de la supercomputación. Por ese motivo el retorno de la inversión de los fondos del programa Next Generation EU en materia de descarbonización será mayor en la medida que esté acompañado de un decidido esfuerzo en materia de sensorización y digitalización de nuestras infraestructuras eléctricas.

LOS PROCESOS DE TOMA DE DECISIÓN:

La toma de decisiones es una actividad esencial en el ejercicio de la función directiva. La calidad y rigor de este proceso en cuanto a la evaluación de riegos, la información analizada y la objetividad de las hipótesis consideradas determina en gran medida el éxito de las organizaciones. Muchas de las decisiones están basadas en la capacidad del directivo para predecir eficazmente el comportamiento de las variables que inciden en una actividad ya se trate del sector financiero, de una startup, de las necesidades de los clientes o de nuestro futuro profesional. Cuando un director de RRHH elige a un candidato frente a otro, está haciendo una predicción sobre quién será más efectivo dentro de la organización; cuando un director comercial selecciona un canal de distribución, está anticipando quién puede maximizar las ventas de su producto; cuando una empresa de capital riesgo decide financiar un proyecto, está proyectando el éxito de su modelo de negocio.

Uno de los sociólogos más importantes del siglo XX y premio Nobel de Economía, Daniel Kahne-man[7], estableció un modelo conceptual para explicar la toma de decisiones de las personas. El modelo identifica un conjunto de sesgos cognitivos ("cognitive-biases") que interfieren sistemáticamente en este proceso. Entre ellos se encuentran: la sobre-simplificación, las motivaciones inconscientes, los juicios de valor, la búsqueda de coherencia en ausencia de evidencias objetivas o factores simples y factores ambientales. Está demostrado que para modelizar escenarios complejos que incorporan un alto número de variables, el cerebro humano no es el instrumento más eficaz. Por este motivo y para realizar este tipo de previsiones, las empresas invierten cada vez más en el uso y desarrollo de algoritmos.

La proliferación de los sensores y puntos de recogida de información está generando volúmenes de "datos procesables" desconocidos hasta la fecha. La disponibilidad de grandes volúmenes de datos a un coste razonable ("big data") junto con la capacidad de procesarlos a gran velocidad y coste competitivo ha originado que cada vez un mayor número de compañías utilice los algoritmos existentes o desarrolle nuevos para apoyar sus previsiones y sus procesos de toma de decisiones y paliar algunas de las limitaciones de las capacidades humanas.

Se puede decir que todo problema susceptible de ser analizado mediante una secuencia lógica de operaciones basados en datos es susceptible de ser modelizado a través de un algoritmo. Otra cuestión es nuestra capacidad para traducir a lenguaje matemático y a código de programación el comportamiento que describe un determinado fenómeno y las decisiones a adoptar en función del estado de las variables que lo caracterizan.

Esa experiencia o forma de proceder se puede repetir una y otra vez con la misma exactitud, utilizando distintas combinaciones de datos que modelen escenarios que, en ausencia de estos potentes sistemas, tardarían años en calcularse.

Otro reto muy distinto es ser capaces de identificar o incluso imaginar aquellos escenarios altamente improbables para poder anticipar y definir las pautas de actuación en caso de ocurrencia de éstos. En el verano de 2007, el mercado se comportó durante cuatro días de acuerdo con un escenario que según los algoritmos de Goldman Sachs sólo podría ocurrir una vez cada 4000 años. En mayo de 2010, Wall Street sufrió el "flashcrash" cuando, el cambio de estado simultáneo de una serie de variables provocó que se desencadenase una secuencia de operaciones controladas por algoritmos, que provocaron que el conjunto de la bolsa estadounidense perdiese el 13% de su valor de capitalización en tan sólo 5 minutos.

Aunque no seamos conscientes, estamos permanentemente expuestos a estos algoritmos: los anun-

[7] El Excmo. Sr. D. Daniel Kahneman es miembro de la Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras desde 2012

cios que aparecen en pantalla cuando utilizamos el ordenador los elige un algoritmo, las recomendaciones de compra cuando elegimos un libro en Amazon las elige un algoritmo, las posibles parejas en una red de contactos también las elige un algoritmo.

¿REALMENTE INTELIGENCIA ARTIFICIAL?

El incremento de la capacidad de cómputo de los ordenadores representa al proceso masivo de información, lo que el incremento de potencia de los motores supuso para el desplazamiento de grandes masas. Esa "fuerza bruta" para procesar múltiples "inputs" en tiempo real, es lo que está detrás de la mayoría de los sistemas expertos.

Existen sistemas comerciales capaces de reconocer imágenes, traducir textos o reconocer la voz. Con estos últimos estamos más familiarizados. Hace diez años su nivel de error era del 20%, actualmente se sitúa en torno al 5% y en tres años será exacto en el 99% de las ocasiones. Cada una de las respuestas que ofrece un sistema de reconocimiento de voz, ha tenido que ser previamente programada siguiendo una lógica de respuesta ante un determinado estímulo, pero la capacidad de comprensión y razonamiento que tiene es nula. Cuanto más amplio sea su tesauros y mayor capacidad tenga para filtrar ruidos y reconocer variables de dicción, el sistema necesitará almacenar más datos y tener más capacidad de proceso, pero su rendimiento será mejor. Así, estas soluciones ofrecen magníficos resultados cuando quien les habla es un hombre que se expresa en su lengua materna, en ausencia de contaminación acústica mientras que su exactitud decrece drásticamente a medida que el estímulo que recibe se aleja de las condiciones de laboratorio en las que el sistema fue entrenado.

Los sistemas de reconocimiento de voz están aún lejos de entender el lenguaje natural. Aunque el lenguaje está compuesto por un número finito de palabras, el número de frases y formas posibles de expresar un concepto es infinito. Podemos traducir o transcribir la información que se genera, incluso correlacionarla, pero no disponemos aun de que un ordenador sea capaz de sintetizar todo lo que se dice por ahí fuera sobre un determinado tema y de que una máquina lo entienda y lo utilice para algo. Pese a que en el año 2014 un sistema experimental superó por primera vez la prueba de Turing[8], estamos aún lejos de este hito. Los seres humanos expresamos ideas y conceptos de formas muy diversas aderezadas por el lenguaje no verbal y el contexto en el que se produce la co-municación. Lingüistas y neurólogos son aún incapaces de explicar y siguen investigando sobre la rapidez del proceso de aprendizaje de la gramática del lenguaje por los niños que son capaces de generalizar sus reglas y dominarlas a los tres años a partir de una información muy escasa. Esta capacidad lingüística se considera innata en las personas[9].

Otro fascinante campo de desarrollo es el de la robótica: los vehículos no tripulados y otros autó-matas programables. La capacidad de aprendizaje de las máquinas es sin duda su capacidad más fascinante y disruptiva. Se inicia a comienzos de los 90, con tareas sencillas como la clasificación de cartas en los servicios postales.

Pero también las máquinas aprenden de los datos y sólo saben actuar ante escenarios predeterminados en sus programas de entrenamiento. Mismo principio que con el reconocimiento de voz y mismos retos.

Se puede programar un sistema capaz de batir a un campeón de ajedrez porque es posible alimentar un ordenador con todas las estrategias de juego posibles ante una determinada jugada e iterar el proceso de forma infinita en movimientos sucesivos. Pese a la magnitud del número de escenarios, su número es finito.

Los ordenadores triunfan en los campeonatos de videojuegos ya que, ante una situación de juego concreta, el número de movimientos posibles de un joystick es finito e igual a 18. Aunque el número de posibilidades supere una vez más los millones, estamos ante el escenario donde los superor-denadores son imbatibles: el proceso de volúmenes masivos de información ante escenarios finitos y predecibles.

La situación se complica cuando el número de variables sigue aumentado y el número de escenarios posibles se multiplica.

[8] Alan Turing Scrapbook-Turing Test, http://www.turing.org.uk/scrapbook/test.hml

[9] Noam Chomsky, *La Adquisición del Lenguaje y la Pobreza del Estímulo*

Podemos convivir con el error del sistema experto que realiza una mala recomendación de compra en Amazon en función de nuestras últimas adquisiciones, pero no podríamos asumir que un robot doméstico, introdujese ni una sola vez por error a nuestra mascota en el microondas o en el lavavajillas.

Hasta hace tres años el coche de Google no fue capaz de reconocer correctamente las hojas en su parabrisas y por lo tanto cómo reaccionar en su presencia. Para ello fue necesario enseñarle a reconocer todas las posibles hojas existentes en formas, número y tamaño para gestionar correctamente ese supuesto.

Actualmente existen robots humanoides capaces de jugar al fútbol entre ellos, en base a un conjunto de reglas y un repertorio finito de comportamientos entre sus iguales. En el momento en que se incorpora a la escuadra una persona, el sistema colapsa.

Construir una cinta de montaje robotizada capaz de manipular y empaquetar los millones de unidades de iPhone que produce un nuevo lanzamiento es posible a un coste efectivo, disponer de robots fácilmente reconfigurables para hacer operaciones diversas es una tarea más complicada.

6. Implicaciones para el mercado laboral

NO PODEMOS EVITAR LA DISRUPCIÓN, PERO SÍ LA DESTRUCCIÓN:

En base a todo lo expuesto anteriormente, es fácil anticipar que las implicaciones de estas innovaciones tecnológicas en el mercado laboral van a ser muy profundas. Aunque el ritmo de penetración de estas nuevas tecnologías sea paulatino, sus consecuencias serán muy significativas en todos los sectores de actividad. La pandemia ha supuesto una aceleración de los procesos de digitalización en marcha en el mundo.

Hemos perdido ya la capacidad de competir contra máquinas cuya misión sea llegar a un resultado en base a procesos masivos de información o desempeñar tareas frecuentes de carácter rutinario. Pero dónde los sistemas expertos han realizado poco progreso es cuando tienen que enfrentarse a situaciones nuevas o frente a escenarios que no plantean un número predeterminado de variables. Las máquinas aprenden, replican situaciones vividas, aprenden y no olvidan (característica muy poco humana) lo que les confiere un increíble potencial.

En el sector industrial, el impacto en la productividad será significativo en la medida que podremos planificar procesos de producción ininterrumpida, una variabilidad prácticamente nula en la calidad de la producción, la inspección de calidad digital in situ en todas las fases de un proceso productivo, etc.... Todo ello tendrá un impacto relevante en la demanda de trabajo del sector industrial.

Ya en el año 2013 los investigadores de la universidad de Oxford realizaron un estudio sobre la influencie de los autómatas programables y el desarrollo de la inteligencia artificial llegando a la conclusión de que uno de cada dos puestos de trabajo en el sector de la manufactura corría el riesgo de ser sustituido o reemplazado por máquinas con capacidades de aprender.

En el sector servicios, las implicaciones serán más cualitativas que cuantitativas si somos capaces de reconvertir determinados puestos de trabajo hacia tareas de mayor valor añadido. Existe una oportunidad real de establecimiento de una colaboración simbiótica entre las personas y estos potentes sistemas para mejorar el análisis de situaciones complejas en las que intervienen un elevado número de variables. Los sistemas cognitivos accederán a la información relevante, reconocerán patrones de conducta y aplicarán todo el conocimiento estadístico disponible para su análisis. A cambio, las personas seguiremos siendo insustituibles por el momento a la hora de contextualizar esa información en base a nuestra experiencia, conocimiento, sentido común y valores. Además, somos los únicos capaces de hacer lo verdaderamente importante: formular las preguntas que necesitan respuestas y de fijar nuevas metas que alcanzar.

En la empresa, buscamos un equilibrio constante entre el beneficio a corto y la creación de valor a largo y las implicaciones éticas y reputacionales de cualquier decisión. Las personas entendemos implícitamente estas cosas, no así los sistemas cognitivos. Además, es importante entender bajo qué premisas las predicciones realizadas en un determinado contexto son extrapolares a otro y la diferencia

entre causalidad y correlación. Los algoritmos son capaces de hacer predicciones, pero no eliminan la necesidad de trazar cuidadosamente la línea entre causa y efecto, no son el sustituto de las pruebas de concepto.

> *Los algoritmos son capaces de hacer predicciones, pero no eliminan la necesidad de trazar cuidadosamente la línea entre causa y efecto...*

El aumento de la experiencia de trabajo con soluciones analíticas y el estudio de las decisiones a las que han inducido, revela que los algoritmos también necesitan la supervisión continua por parte de profesionales que entiendan su funcionamiento con exactitud.

Los algoritmos tienen dos características: son literales, en el sentido que hacen estrictamente aquello para lo que han sido programados y son "cajas negras" en el sentido de que no explican en base a qué postulados ofrecen una recomendación en concreto. Reconocer estas dos limitaciones es la base para utilizarlos mejor. Por ese motivo resulta imprescindible definir muy claramente cuál es el objetivo que se persigue, elegir cuidadosamente las fuentes de información que constituyen el "input" y valorar en qué medida la información disponible en el presente es relevante y útil para el medio plazo.

En la última entrega de la serie Iron Man, el protagonista crea Ultron, un sistema experto de defensa que tiene como misión proteger la tierra. Ultron interpreta su misión de forma literal y concluye que para llevar a cabo con éxito su misión, tienen que destruir a los humanos. En este caso, Ultron se comporta como muchos algoritmos, hace literalmente aquello para lo que ha sido programado igno-rando cualquier otra consideración.

Aunque se trate de un ejemplo de ficción, si me parece ilustrativo el hecho de que debemos apro-xi-marnos de forma muy rigurosa a la ciencia de los algoritmos y que será necesario mayor regulación y control de calidad de estos a medida que éstos regulen y controlen un mayor número de procesos económicos y sociales.

El reto consiste en entender sus riesgos y sus limitaciones para extraer todo su potencial en especial en escenarios altamente improbables o sencillamente inimaginables.

7. Nuevas Oportunidades

CIENCIAS DE DATOS

Recientemente el data science o la "ciencia de los datos" ha emergido como una nueva profesión. Un artículo del año 2012 de la Harvard Business Review titulaba Data Scientist: the Sexiest Job of the 21st Century. Sus autores, Tom Davenport and D. J. Patil, definen al "científico de datos" como un profesional de alta cualificación y categoría profesional con la formación y la curiosidad necesarias para hacer descubrimientos a partir de la investigación sobre datos. Su aparición en el mundo de la empresa en USA demuestra que las organizaciones se enfrentan con dificultad al manejo del volumen de datos del que disponen.

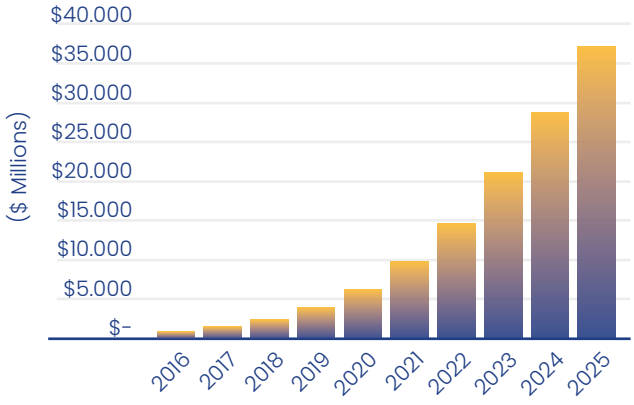
La demanda de estos profesionales ha crecido por encima de la oferta. Son escasos los profesionales con la cualificación necesaria, entre otras razones porque la disciplina es relativamente nueva. Las universidades americanas son las primeras en ofrecer titulaciones de este tipo y sus programas em-pezaron hace tan solo 7 años. Se trata de una disciplina muy compleja de carácter interdisciplinar. La dimensión "datos" requiere dominar el origen de los datos es decir las fuentes de información, luego hay que conocer cómo realizar de forma efectiva y eficiente la toma de datos, la alimentación de los datos, el almacenamiento de los datos, la transformación de los datos y la recuperación y re-presentación de estos. La dimensión "Ciencia" busca extraer conocimiento de estos aplicando rigu-rosos procesos utilizados en el método científico, es decir en base a evidencias empíricas y medibles que prueben la validez de los modelos de predicción y sus resultados.

Estoy convencida que este será un campo profesional en continuo desarrollo en los próximos años.

INTELIGENCIA ARTIFICIAL:

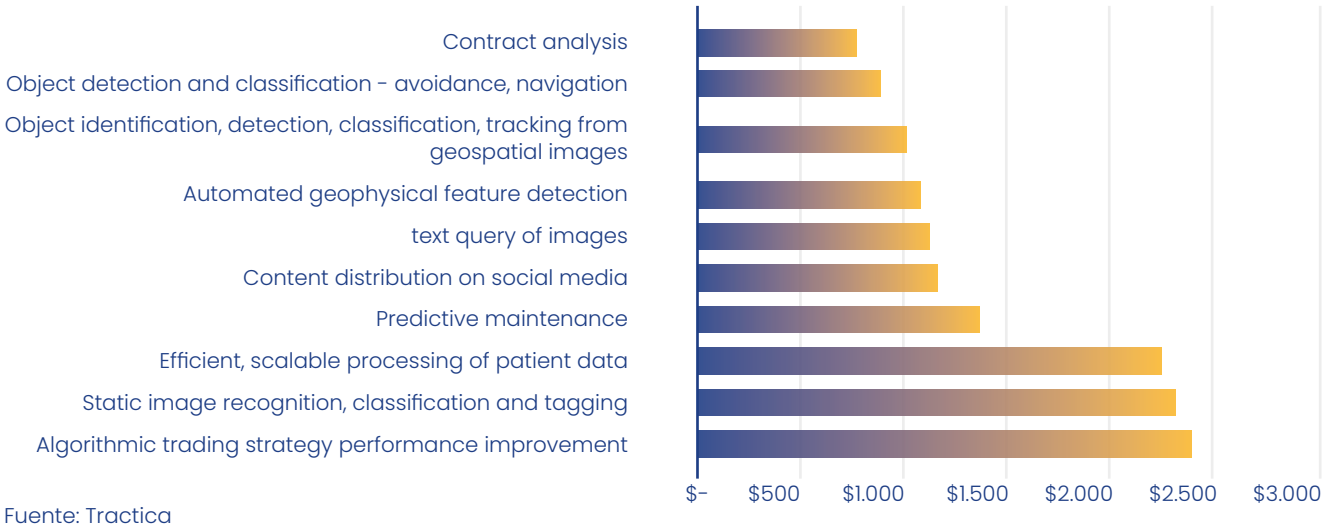
El mercado de la inteligencia artificial representa el segmento del mercado de las TI con un mayor potencial de crecimiento se espera que este mercado alcance una cifra cercana a los 37.000 Millones de dólares en 2025 lo que representa sin duda una oportunidad para la creación de puestos de trabajo de alta cualificación en este segmento de la industria.

Gráfico 1. Artificial Intelligence Revenue, World Markets: 2010-2015



Fuente: Tractica

Gráfico 2. Artificial Intelligence Revenue, Top 10 Use Cases, World Markets: 2025



Fuente: Tractica

8. Cierre

Para finalizar me gustaría retomar el principio de este trabajo sobre los retos tecnológicos como oportunidad para la creación riqueza y bienestar social. Según el Dr. Charles M. West, presidente emérito del MIT y de la academia de Ingeniería de los Estados Unidos, actualmente existen dos fronteras para la investigación en la ingeniería.

La primera frontera es la frontera de los Macrosistemas. En ella, se trabaja en aquellos sistemas cuyo tamaño y complejidad aumenta continuamente y que tienen una gran importancia social. Se trata de ámbitos más relacionados con la actividad empresarial y con los que la mayoría de nosotros está familiarizada como energía, medioambiente, gestión del agua, la alimentación, la gestión sanitaria, la fabricación, la logística las comunicaciones. Estos sistemas a gran escala sólo se podrán desarrollar, diseñar e implantar con éxito **si la ingeniería integra las ciencias sociales, la gestión y las humanidades en su labor. Tengo el convencimiento de que serán necesarios un número creciente de equipos interdisciplinares compuestos de ingenieros y científicos sociales.**

La segunda frontera es la de los Microsistemas. A ésta pertenece el dominio de lo bio/info/nano donde los dispositivos y sistemas se hacen cada vez más pequeños, más rápidos y complejos. Este es uno de los campos de investigación más atractivos.

Muchos de los beneficios sociales de la investigación y del desarrollo de las nuevas tecnologías se irán alcanzando a medida que los resultados y avances en

la frontera de los microsistemas sean compartidos y hagan posibles avances en la frontera de los macrosistemas.

Es en el dominio del micro-mundo y del nano-mundo donde se sitúa la frontera para desarrollar sistemas digitales aún más potentes, los denominados de "Exaescala", sistemas capaces de alcanzar potencias de cálculo superiores a un Exaflop (1000 Petaflop/s). En la actualidad somos capaces de fabricar transistores en un área de 14 nanómetros y se estima que, siguiendo la ley de Moore, po-damos llegar al nivel de los 5 nanómetros en menos de 5 años, pero estamos en el límite. Además, tenemos que ser capaces de resolver el reto del consumo energético de estos sistemas que son menos eficientes que el cerebro humano (20 Watts) en factores de 10.000 a 100.000 veces.

Pero más allá de rebasar estas fronteras, existe el convencimiento de que sólo la mejora continua del conocimiento sobre la organización de nuestro cerebro y avances significativos en neurología y en psicología nos permitirán desarrollar nuevos paradigmas computacionales que vayan mucho más allá de la mal llamada "inteligencia artificial" actual. En este campo, los ordenadores también ofrecen una increíble oportunidad para desentrañar la complejidad del funcionamiento de nuestro cerebro. El proyecto Blue Brain, liderado por la escuela politécnica federal de Lausana es el más ambicioso de cuantos existen en este campo y tiene como objetivo estudiar la arquitectura del cerebro y sus modelos de funcionamiento. Hasta el año 2023 no se espera poder alcanzar una réplica del modelo celular del cerebro humano. El proyecto se desarrolla sobre un sistema IBM blue Gene.

Gráfico 3. Minimum Feature Size

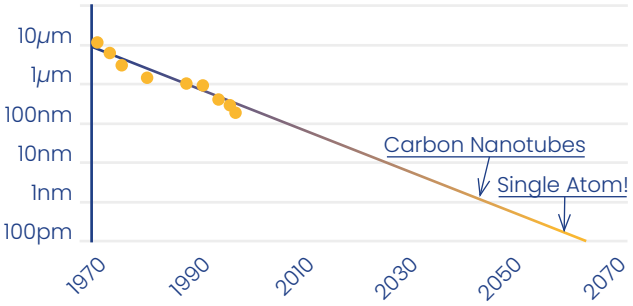
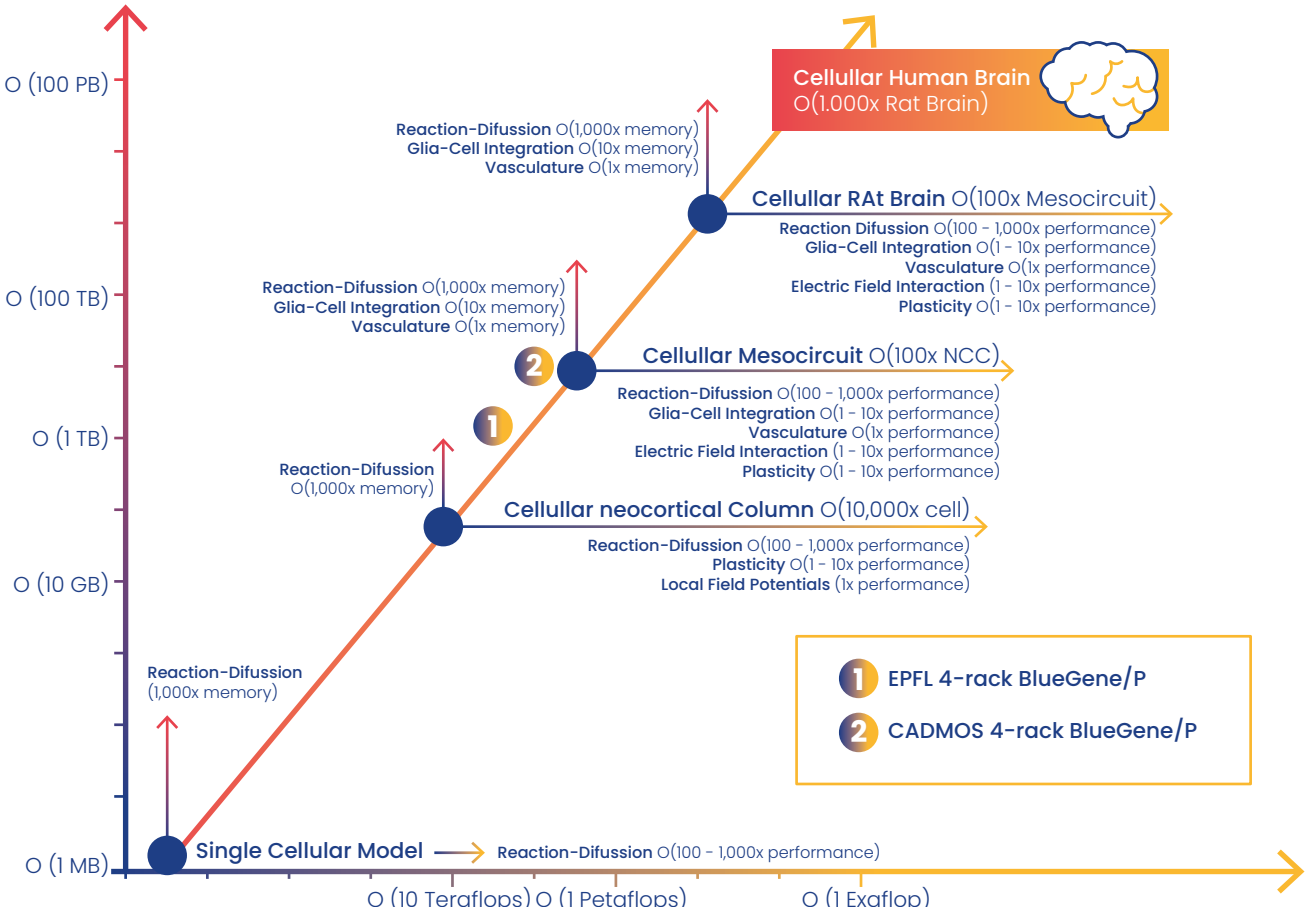


Gráfico 4. Capability Requirements



Fuente: Blue Brain Project

Esta "revolución cognitiva", que es como se le ha denominado, tendrá implicaciones muy profundas en el mercado laboral, pero como en todas las revoluciones anteriores, su impacto tenderá a ser más disruptivo y transformador que destructivo.

Pero la clave y el verdadero activo para mitigar el impacto de estas tecnologías y explotar todas las oportunidades que presentan, está en nuestra capacidad de desarrollar el talento. Europa tiene el potencial de ser el mejor "hub" de conocimiento, generando valor para su tejido empresarial y para el conjunto de la sociedad, creando y atrayendo el mejor talento posible para desarrollar aplicaciones y soluciones de toda índole basadas en la supercomputación como un motor clave de estímulo a los procesos de innovación en la Unión Europea.

En un continente donde sólo el 13% de los alumnos de secundaria opta por una carrera técnica, de-bemos de ser capaces de fomentar y renovar el interés por estas disciplinas y capacitar a los futuros profesionales no sólo con competencias técnicas profundas y rigurosas sino con perspectivas globa-les, dominio de las variables económicas, altos niveles éticos, una buena capacidad de comunicación y divulgación y la ambición necesaria para hacer frente a los grandes retos de estos tiempos.

En algunos países europeos y en España en particular, tenemos graves problemas con la calidad de nuestro sistema educativo y una cultura popular que no valora lo suficiente las actividades profun-damente intelectuales como las matemáticas, las ciencias o la ingeniería de manera que pocos jóvenes son atraídos por estos estudios. De la transformación de nuestro sistema educativo y de la ambición europea y española para ser un referente en arquitectura y soluciones en supercomputación, depende en gran medida nuestro papel en el damero de la innovación en el siglo XXI.

ANEXO:

HISTORIA DE LA SUPERCOMPUTACIÓN:

En cierta medida la historia de la supercomputación antecede e impulsa al propio origen del sector de las tecnologías de la información como industria.

De hecho, puede decirse que fue precisamente la necesidad de disponer de sistemas tecnológicos capaces de ayudar en procesos de cálculo masivo y en áreas de interés estratégico, como la defensa, lo que sembró lasemillade lo que décadas después conformaría la industria de las tecnologías de información[10].

Para encontrar los orígenes de la supercomputación nos tenemos que remontar a la década de los 40 donde encontramos las que fueron consideradas las primeras máquinas completamente electrónicas diseñadas para resolver un problema de cálculo numérico. Existe cierta controversia respecto a cuál fue el primer ordenador y varias máquinas se reparten este privilegio. Entre éstas, destaca el entre-nador Colossus instalado entre 1943 y 1944 en el Reino Unido con el único propósito de romper un sistema de cifradoalemán y poder así leer las comunicaciones cifradasalemanas durante la Segunda Guerra Mundial. Como suele pasar en este tipo de máquinas orientadas a un entorno militar su exis-tencia no fue desclasificada hasta la década de los 70.

Colossus fue la primera máquina completamente electrónica con limitada programabilidad y diseñada para resolver un problema específico. Sin embargo, la distinción como la primera computadora electrónica de uso general se reparte entre el ENIAC (Electronic Numerical Integratorand Calculator) diseñada por dos ingenieros americanos Juan W. Mauchly y J Presper Ecker Jr. en 1946 y la computadora Z3 creada por Konrad Zuse en 1941. La historia considerada a ENIAC como la primera.

La construcción de ENIAC fue una enorme hazaña de ingeniería; una máquina de 30 t con una su-perficie de 167 m² y un total de 17.468 válvulaselectrónicasy tubos de vacío conectadas por 800 km de cable que permitían realizar cerca de 5000 sumas y 300 multiplicaciones por segundo con un consumo de 160

[10] Susan L. Graham, Marc Snir and Cynthia A. Patterson, Getting Up to Speed: The Future of Supercomputing, Editors, Committee on the Future of Supercomputing, National Research Council, The National Academies Press, 2005

kW. ENIAC construida para uso general fue principalmente utilizada por el laboratorio de investigación de balística de los Estados Unidos para el cálculo de trayectorias de proyectiles.

Debido a la utilidad de estos sistemas con mayor capacidad de programación en procesos científicos y en proceso de datos industriales el sector informáticoempezó su comercialización durante la década de los 50 pero su penetración de mercado no superabaen número a los dos dígitos y su capacidad de cálculo era sólo de un orden de magnitud superior respecto a sus homónimos más pequeños económicos y orientados a un mercado de mayor volumen. Esta diferencia no obstante se fue ampliando y a finales de los 50, la distancia entre los ordenadores mas potentes y los sistemas informáticos de propósito general pasó a ser entre tres y cuatro órdenes de magnitud.

Desde esta etapa que podríamos llamar en algún modo los antecedentes de la computación moderna, llegamos al primer gran hito de lo que oficialmente podemos llamar un supercomputador. El salto supuso la consolidación de un conjunto de innovaciones y diseños tecnológicos que constituyen la base de buena parte de la arquitectura de toda una nueva generación de sistemas informáticos.

Este hito, en el que la supercomputación emerge como un mercado con personalidad propia, arranca a principios de la década de los 60. El gobierno americano motivado por la necesidad de soportar aplicaciones de inteligencia y armamentística nuclear para su seguridad nacional, impuso un plan de inversiones para el diseño de nuevos ordenadores que proporcionasen un salto diferencial en capacidad de cálculo. Como resultado, aparecen el IBM 70 30 (conocido también como Scretch) y el Sperry Rand UNIVAC LARC. Es en este momento cuando aparece formalmente el término super-computador, el IBM 70 30, el súper ordenador transistorizado de IBM.

Aunque esta generación de ordenadores no puede considerarse un prodigio de diseño, por ejemplo, la capacidad de cálculo del 70 30 (es decir 1,2 Mflops) era sólo 30 veces superior al 704, un ordenador cohetáneoproducido para un mercado de mayor volumen, la tecnología usada para su construcción y la experiencia acumuladas en su desarrollo fue la base de las siguientes generaciones de superordenadores. Por ejemplo, la lógica de transistores fue la base de la familia de ordenadores científicos IBM 70 90 y más tarde las niñas 70 40 y 1400 así como de la primera generación de or-denadores de propósitocomercial en IBM 360 que supondría el inicio de la introducción de informática en el mundo de la gestión empresarial a gran escala. Incluso actualmente los microprocesadores también incorporan muchas las técnicas que surgieron con el desarrollo de los superordenadores de la década de los 60.

El primer superordenador de éxito con la gran capacidad computacional respecto a sus competidores y a un coste muy competitivo (casi equivalente las máquinas comerciales del momento) aparece en 1964 de la mano de Control Data Corporation (CDC) que creó el CDC 6600 con la capacidad de cálculo de 3Mflops. La siguiente generación, el CDC 7600 con la capacidad de taco de 36 Mflops fue considerado desde 1969 hasta 1975 el ordenador mas rápido del mundo a excepción de los productos especializados.

Aún proporcionando una alta capacidad computacional a un bajo coste relativo y unos aplicativos softwares que permitían sacar un alto rendimiento al usuario final, el CDC no fue capaz de dominar el mercado debido a que las agencias del gobierno, principales consumidoras de esa tecnología re-querían soluciones específicas, ligadas a hardware específicoy sus necesidades iban orientadas a soluciones a medida.

En 1972 Seymour Cray, principal artífice del éxito de CDC abandonó la compañía para crear CRAY Research. Allí crearía, al igual que hizo en CDC, un superordenador que tenía una alta capacidad de cálculo y un coste razonable. Es el Cray I, el siguiente gran hito de la historia de la super-computación, que fue instalado en 1976 en los Álamos National Laboratory de Estados Unidos y que fijaría los nuevos estándares del diseño de superordenadores basados en arquitectura vectorial, que ofrecía velocidades de proceso muy superiores a los sistemas escalares de la generación anterior. Cray I alcanzaba una capacidad de 250Mflops.

A mediados los 80 se produce el segundo gran hito, un cambio que transformaría la industria de la supercomputación: Japón entra en el mercado y genera una aceleración del proceso innovador apor-

tando su alta capacidad tecnológica en el área de los semiconductores, que fue desarrollando gracias a toda la inversión en Investigación y Desarrollo de su gobierno y a una necesidad de satisfacer a un mercado interno que había estado excluido de competidores externos.

Esta capacidad tecnológica hizo que las empresas japonesas pudieran proporcionar sistemas igual de eficientes, a menor coste y muchos casos compatibles con las tecnologías de la época. Empresas como Fujitsu, Hitachi y NE disponían de tecnología vectorial con una capacidad similar a la que disponía Cray, tenían un claro dominio en el mercado japonés y habían iniciado su introducción en el mercado europeo y, en menor medida, en el norteamericano.

La preocupación de Estados Unidos por la pérdida de liderazgo en una tecnología clave, la pérdida de competitividad de sus empresas y al mismo tiempo los planes de i+I+D del gobierno japonés para impulsar el desarrollo tecnológico de las empresas niponas, llevó al gobierno norteamericano a la creación de la Strategic Computing Initiative (SCI) liderada por DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency). Mediante esa iniciativa, Estados Unidos comenzó un programa de inversiones para estimular la innovación y promover un salto cualitativo de la industria de supercomputación norteamericana como área necesaria para liderazgo en los sistemas armamentísticos y de defensa.

Llegamos al tercer gran hito. El gran salto cualitativo ocurrió y se produjo como consecuencia de un cambio de paradigma. A partir de ese momento las inversiones se focalizaron en algo que hasta la fecha no se había contemplado: la construcción de nuevas arquitecturas altamente paralelas y escalables, principalmente basadas en microprocesadores, que individualmente eran menos eficientes, pero que, de forma conjunta e interconectados, proporcionaban una gran capacidad de cálculo. Es el inicio de la supercomputación basada en el paralelismo. Actualmente y siguiendo las tendencias y posibilidades de un mundo crecientemente interconectado y gracias a las características de las arquitecturas masivamente paralelas, podemos crear superordenadores virtuales que no están instalados en un sólo espacio físico ni dedicados a una única tarea, sino que se construyen a partir de la suma de capacidades de proceso de millones de ordenadores personales interconectados: es la llamada computación distribuida.

Volviendo a la historia, a finales de los 80 y principios de los 90, DARPA y la NSF (National Science Foundation) siguieron focalizando sus inversiones en desarrollar e instalar sistemas que usaban microprocesadores disponibles comercialmente con estándares abiertos para las comunica-ciones y dispositivos de entrada-salida. Este nuevo paradigma permitió la industria de la super-computación estadounidense competir con la industria de supercomputación japonesa, favoreció la creación de estándares de software para la programación de este tipo arquitecturas y permitió a mu-chas empresas de software desarrollar aplicativos que se podían mover fácilmente de plataforma. Durante la década de los 90 varias empresas como IBM, SGI, Cray, SUN, DEC/Company Convex/ HP entraron de nuevo en el mercado de la supercomputación.

Esta arquitectura (en la que el trabajo en grupo está por encima de las capacidades individuales) está permitiendo llevar la supercomputación más allá de los límites conocidos hasta el momento.

A medida que las tecnologías CMOS avanzan y permiten introducir dentro del chip más funcionali-dades, llegando incluso a proporcionar la capacidad de introducir varios microprocesadores dentro de un mismo chip, junto con el paralelismo de la arquitectura (hardware y software) facilita la creación de supercomputadores con gran capacidad de cómputo. De los 100 Mflops a principios de los 90 se pasó a los 1000 Gflops (1 Tflop) a finales de la década.

Desde que en 2008 IBM diseñase el primer sistema capaz de alcanzar la barrera de un Petaflopf de rendimiento lo que significa 1.000 billones de cálculos por segundo, se han producido muchos cambios en la lista del Top500.

En el año 2010, China consigue por primera vez el número uno del ranking mundial con un sistema de 2,57 Petaflop/s y los EE. UU. tendrán que esperar hasta noviembre de 2012 para volver a liderar el ranking con un CrayXK7 de 17,6 Pflops.

Encabezar la lista del Top500 es mucho más que una cuestión de prestigio para las grandes potencias es una demostración de su capacidad para liderar en innovación a nivel global.

El resultado de la última competición (linpak) celebrada en junio de 2016 volvió a situar a China, por segundo año consecutivo, como líder en supercomputación global el sistema Sunway Taihulight del National Supercomputer Center de Wuxi con una potencia máxima (Rpeak) de 123 Petaflop/s.

Alemania ocupa actualmente el primer puesto en Europa y el noveno del mundo con un Cray de 7,4 Petaflop/s (Rpeak).

LA SUPERCOMPUTACIÓNEN EUROPA Y EN ESPAÑA:

La supercomputación en Europa.

Desde esta visión general de la historia de la supercomputación, me gustaría hacer un rápido reco-rrido por su desarrollo Europa y en España.

A diferencia de Japón y Estados Unidos donde han existido planes de inversión público-privados coordinados para el desarrollo de infraestructuras de supercomputación como elementos claves dentro de sus planes de investigación y desarrollo, la supercomputación en Europa se encontraba fragmentada.

Cada país disponía de una infraestructura de computación con diferentes niveles de inversiones en coordinación con el resto de países y su servicio se orientaba a nivel nacional.

La comisión europea financió algunas iniciativas sin éxito a través de proyectos para el desarrollo propio de tecnología de supercomputación, pero fueron proyectos que acabaron ocupando un pe-queño espacio dentro del mercado global con escasa competitividad.

Como resultado, a finales de 2004 e inicios de 2005 los principales países de la Unión Europea deciden que para abordar la supercomputación como herramienta de vanguardia de competitividad es necesario un esfuerzo integrado y cierto nivel de coordinación.

Inicialmente se establece un grupo de trabajo con participación de científicos de Finlandia, Francia, Alemania, Italia, Holanda, España y Reino Unido para definir las necesidades de supercomputación en los próximos años y los retos científicos a resolver. El estudio concluye que la supercomputación es un factor clave para el desarrollo científico y la competitividad económica.

En junio de 2006 se estableció otro grupo de trabajo con el objetivo de definir la estrategia a seguir para desarrollar la infraestructura desupercomputación en Europa y permitir la creación de centros de supercomputacióneuropeos. En 2007 diferentes países firman un Memorandum of Understanding (MoU) para la creación del Partnership for Advanced Computing in Europe (PRACE[11]) cuyo objetivo es desarrollar e implementar la infraestructura de supercomputación en Europa y los servicios asociados.

Tras una fase preparatoria con prototipos y sistemas de desarrollo de la infraestructura necesaria para proporcionar servicios avanzados de supercomputación, PRACE se inaugura oficialmente en junio 2010 con un total de 19 países miembros de los cuales cuatro ratifican el compromiso de al-bergar un centro de supercomputación para dar servicio a la comunidad científica. Coincidiendo con la inauguración oficial, PRACE comienza una primera fase de implementaciónde infraestructuras. Alemaniay Francia son países que instalarán los primeros superordenadores y le seguirán España e Italia.

Los objetivos de PRACE van más allá de simplemente ser una entidad para coordinar la adquisición e instalación de superordenadores en Europa. Entre sus objetivos está también liderar lacreación de un ecosistema de supercomputación suficientemente potente para potenciar la investigación en otras areas la e-ciencia, así como potenciar también la investigación del desarrollo supercomputación.

En este sentido la supercomputación es una piedra angular del European Strategy Forum on Research Infrastructures (ESFRI) creado en 2002 por la Comisión Europea con el objetivo de liderar una estrategia coordinada para el desarrollo de las infraestructuras de investigación y desarrollo necesario para impulsar la innovación en áreas consideradas claves para la competitividad y el pro-greso de la economía y la sociedad europea. En estos esfuerzos, PRACE representa la estrategia de impulso al desarrollo de las "e-infrastructures" que deben dar soporte a los más avanzados proyectos de I+D europeos.

Europa puede y debe ocupar una posición de liderazgo en el elemento sin duda mas importante de la supercomputación, que es aprovechar tanto su potencial para estimular los procesos de investiga-

[11] PRACE Research Infrastructure http://www.prace-ri.eu/

ción de su comunidad científica como los procesos de innovación de sus emprendedores y comunidad empresarial y generar valor económico y social.

Para ello, Europa tiene que asegurarse de que tiene acceso a las mejores tecnologías de supercomputación disponibles en el mundo. Como expone el reciente informe de la consultora IDC: " Europa debería continuar facilitando sus investigadores e ingenieros los mejores supercomputadores y tecnologías de supercomputación posibles independiente del lugar del mundo del que proceda… De este modo Europa podrá mantener su actual estatus como posiblemente el entorno más abierto y competitivo de supercomputación del mundo".

La supercomputación en España.

Los primeros supercomputadores aparecen en España en la década de los 90 de la mano del Instituto Nacional de Meteorología (INME) y de algunos centros de investigación de comunidades autó-nomas. Desde entonces nuestra capacidad de supercomputación se ha incrementado de manera pro-gresiva. Sin embargo, este incremento se ha realizado en su mayor parte por instituciones públicas. A esta fecha la adopción por parte de la industria privada ha sido menor en número debido, en general, al coste de este tipo infraestructuras.

Los esfuerzos en supercomputadores por parte las ciencias públicas abarcan múltiples niveles. Por una parte, existen los centros autonómicos de comunicación promovidos y financiados por los respectivos gobiernos autonómicos, que prestan un gran servicio e intentan cubrir las demandas de la comunidad científica y la industria de su entorno. Dentro de esta categoría encontramos ejemplos en Galicia, Cataluña, Andalucía, Extremadura, Castilla-León y Murcia. Estos centros cuentan con superordenadores que actualmente van de los 10Tflops de la universidad de Murcia, hasta los 213Tflops del CESGA en Galicia.

Por otro lado, existen centros públicos de investigación que disponen de superordenadores para servicio propio. Entre estos encontramos centros como la Agencia Española de Meteorología, el Centro Superior de Investigaciones Científicas, el Centro de Investigaciones Energéticas Medioam-bientales y Tecnológicas, el Parque Científico de Barcelona, el Instituto de Astrofísica de Canarias o el Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial.

Algunas universidades también disponen de recursos de supercomputación para dar servicio a su comunidad científica. Entre ellas se encuentra por ejemplo la Universidad de Castilla La Mancha, la Universidad de Granada, la Universidad de Málaga, la Universidad de Valencia, la Universidad de Galicia, la Universidad de Zaragoza y en un lugar especialmente destacado la Universidad de Politécnica de Madrid que en su centro de supercomputación y visualización CESViMA, dispone el ordenador Magerit con una potencia de 100Tflops.

En 2004 el Ministerio de Educación y Ciencia, anuncia la adquisición de lo que fue el cuarto super-computador más potente a nivel mundial y el primero en Europa: el Mare Nostrum, a raíz de la colaboración en Investigación y Desarrollo entre IBM y el centro de supercomputación pertenecien-te a la Universidad Politécnica de Cataluña: el Centro Europeo de Paralelismo de Barcelona (CEPBA).

Esta apuesta por la supercomputación culminó en 2005 con la constitución del Barcelona Supercomputing Center-Centro Nacional de Supercomputación, en convenio con la Generalitat de Cataluña, la Universidad Politécnica de Cataluña y el Ministerio de Educación y Ciencia el BSC-CNS.

El BSC continuador de la tradición de su principal fuente de talento: el Centro Europeo de Paralelismo de Barcelona CEPBA perteneciente a la UPC, se crea con el objetivo de gestionar dicha tecnología de supercomputación y de investigar y desarrollar la futura tecnología de superordenadores en otras áreas de la e-ciencia, que requieren de estos recursos para su avance. España se posiciona como modelo similar a otros países europeos donde los centros nacionales gestionan una capacidad de cómputo que supera los diferentes niveles que proporciona un servicio más local.

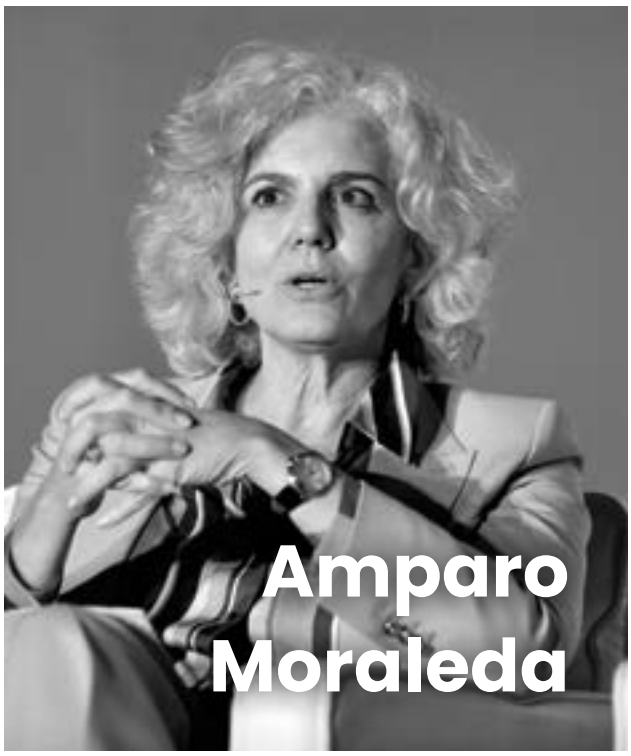
En 2007 se inaugura la Red Española Supercomputación, red conformada por el BSC-CNS y otros ocho centros que adquieren la tecnología de MareNostrum. En la actualidad Mare Nostrum ofrece a sus usuários una potencia de cálculo de 1,1 PetaFlops/s (110 billones de operaciones por segundo) y ocupa el puesto 104 del ranking Top500.

Actualmente BSC-CNS, CESGA y CESCAestán reconocidos como estaciones científicotecnológicas singularesque proporcionan recursos y servicios que

la comunidad científico-tecnológica necesita para desarrollar su investigación de vanguardia y de máxima calidad, así como para la transmisión, intercambio y preservación del conocimiento proporcionando acceso abierto a la capacidad de cálculo de recursos reconocidos como 'singulares'.

Bibliografía

- Roland, Alex; Shiman, Philip. Strategic Computing: DARPA and the Quest for Machine Intelligence, 1983-1993. Cambridge, Mass: MIT Press, 2002.
- Strategy Report on Research Infrastructures. Roadmap 201. European Strategy Forum on Research Infrastructures (ESFRI) http://esfri-eu/roadmap-2016
- Testimony of Raymond L. Orbach, Director, Office of Science, U.S. Department of Energy, before the U.S. House of Representatives Committee on Science, July 16, 2003.
- "The Clean Energy Project ". World Community Grid. http://www.worldcommunitygrid.org
- IBM Global Technology Outlook 2015, http://www-05.ibm/ch/ibm_sap_portfolio/pdf/Global_Technology_Outlook_2015.pdf
- Hidden wealth: The contribution of science to service sector innovation, The Royal Society, 2009, http://royalsociety.org/policy/publications/2009/hiddenwealth/
- Irving Wladawsky Berger, Extreme Scale Computing, http://blog.irvingwb.com/blog/2010/02/extreme-scale-computing.html/
- Juan Antonio Zufiría Zatarain "La supercomputación: ampliando el ámbito de lo posible", (2011) discurso de ingreso en la Real Academia de Ingeniería.
- Erik Brynjolfsson & Andrew Mcafee, The second Machine Age (2014)
- Steven Pinker, Tim O'Reilly, Freeman Dyson, Danniel C Dennett, Kevin Kelly and more, Edge Annual Question Series: What to Think About Machines That Think? (2016), Edge.org
- Gary Marcus, Is Big data taking us closer to the deeper questions of artificial Intelligence? 2016



Amparo Moraleda

Amparo Moraleda Martínez es ingeniero superior industrial por el ICAI y PDG por el IESE. Ostenta más de 20 años de experiencia en IBM Corporation, su último cargo como presidenta ejecutiva para España, Portugal, Grecia, Israel y Turquía, y directora de Operaciones para el Área Internacional de IBERDROLA.

Actualmente es consejera independiente en los consejos de administración de CAIXABANK, AIRBUS, VODAFONE GROUP y MAERSK y con anterioridad, en MELIÁ HOTELS INTERNATIONAL, CORPORACIÓN FINANCIERA ALBA, FAURECIA, ALSTOM y SOLVAY. Asimismo, es miembro de los consejos asesores de SAP Ibérica, Spencer Stuart España y ISS Facility Services, del consejo rector del CSIC, comité ejecutivo del IESE y los patronatos CEDE, MD Anderson Cancer Center y de la Fundación CurArte.

Entre otras distinciones, es académico de número de la Academia de Ciencias Sociales y del Medio Ambiente de Andalucía y de la Real Academia de las Ciencias Económicas y Financieras de Barcelona.

Profesionalmente ha sido reconocida en varias ocasiones como uno de los 10 mejores CEO en España, ha recibido múltiples premios de asociaciones de medios de comunicación, asociaciones de mujeres y de negocios, incluyendo el premio a la Excelencia por FEDEPE, el premio Javier Benjumea otorgado por la Asociación de Ingenieros del ICAI y el Women in Technology International Hall of Fame Award.

Mesa 6 / Ponencia 5

LAS TENDENCIAS CLAVE PARA LA CONTINUIDAD DEL ÉXITO DEL INGENIERO DE ICAI DURANTE LOS PRÓXIMOS CIEN AÑOS: GLOBALIZACIÓN, DIGITALIZACIÓN Y ESG

Javier Oficialdegui Alonso de la Celada. *Director gerente y codirector de banca global. UBS*

Durante estos cien años, y especialmente en estas últimas décadas, el Ingeniero de ICAI ha jugado un papel crítico en el desarrollo y la modernización del tejido industrial y empresarial y del sector de servicios en España, convirtiendo al país en una economía moderna, competitiva, abierta al exterior y de gran importancia en el entorno europeo.

La alta calidad docente y unos sólidos valores innegociables, seña de identidad de ésta institución, han permitido, como decía, a los Ingenieros de ICAI tener un papel muy destacado en la modernización del país, beneficiándose España tanto de la presencia de Ingenieros de ICAI en la alta dirección y cuadros de mando de las grandes corporaciones españolas cómo de la capacidad de emprendimiento de dichos ingenieros que han creado y desarrollado nuevos negocios de éxito en la práctica totalidad de los sectores.

De cara a mantener la contribución al continuo desarrollo del país y nuestra sociedad en un entorno cada vez más competitivo y cambiante durante las próximas décadas es crítico el analizar cuáles son las tendencias que están aquí para quedarse en el largo plazo para continuar adaptándose a ellas y asegurar cien años más de éxito para esta escuela.

1. Globalización

El mundo ha cambiado de una manera radical. La década de los años 90 supuso un salto cualitativo en cuanto a lo que la conectividad del mundo supone, acelerando el proceso de globalización de una manera sobresaliente. Las nuevas tecnologías, unidas a unas cadenas de producción cada vez más globales y un mundo más abierto al comercio y conectado, han permitido que este fenómeno continúe de manera imparable a partir de entonces.

Así, todo el mundo corporativo ha pasado a estar íntimamente relacionado más allá de sus fronteras. La demanda de bienes y servicios, el mercado laboral,

los sistemas productivos y de transformación, el conocimiento empresarial y tecnológico, y los mercados financieros (y por tanto la capacidad de invertir y de alocar recursos) han tomado una dimensión absolutamente global e internacional. Esto ha acelerado además la velocidad del cambio y la competencia entre las distintas economías.

En este contexto, ICAI debe continuar adaptándose a las demandas de un entorno laboral y corporativo cada vez más globalizado y competitivo centrándose especialmente, desde mi punto de vista, alrededor de cuatro vectores críticos:

i) cercanía con la empresa: desarrollando una relación muy estrecha y dinámica con las inquietudes y demandas de las empresas, sobre todo con aquellas con una posición de liderazgo, y aquellas con un perfil más internacional y disruptivo,

ii) conectividad internacional: mediante el continuo desarrollo de relaciones estratégicas intimas con otras universidades globales punteras alineadas con la misma visión, tanto en EE. UU., como en Asia y en Europa,

iii) atracción de talento global: el ensanchamiento de la base de alumnos con más alumnos internacionales y diversidad son críticos para ofrecer una experiencia docente acorde a este nuevo mundo. Las corporaciones más exitosas son aquellas que gozan de mayores ratios de internacionalización y diversidad. Por tanto, el éxito estará íntimamente ligado al incremento del interés y visibilidad de ICAI por parte de corporaciones globales y de los alumnos internacionales en competencia con otras universidades no ya a nivel local, sino regional y global. Esto probablemente lleve hacia definir las señas de identidad y fortaleza diferenciales y poner el foco sobre ellas, la creación de un currículo más flexible y práctico, la incorporación del inglés como lengua vehicular, una mayor conectividad internacional (como indicaba en el punto anterior), una mayor visibilidad de publicaciones y estudios o la participación en foros internacionales, entre otros.

iv) Mayor peso de la formación en mercados de capitales: La globalización ha traído también competencia por la financiación ahora más desintermediada e internacional, incrementándose por tanto la importancia en la agenda de directivos y emprendedores. En el contexto de una "dictadura" del mercado es por tanto crítico entender las dinámicas del mercado, los flujos de dinero, lo que demandan y valoran los inversores o como se financian los negocios y los proyectos. Numerosos factores afectan en este sentido: la macro de los países, la micro del sector y la empresa, los bancos centrales, las políticas económicas de los gobiernos, las crisis, o los ciclos económicos... El Ingeniero de ICAI ha de tener un buen conocimiento de todas estas tendencias y el funcionamiento del mercado para tener un entendimiento holístico de cualquier empresa hoy en día.

2. Digitalización

La digitalización está acelerando la transformación del mundo a una velocidad nunca vista y lo hace en todas las facetas de nuestras vidas, afectando de manera crítica y dinámica a la totalidad de la cadena de valor en el mundo actual.

En el ámbito empresarial, visión de negocio, desarrollo de productos, análisis del comportamiento, hábitos y nuevas necesidades de los clientes, sistemas productivos, sistemas de distribución, procesos de venta, o procesos internos de gestión están siendo masivamente impactados por el avance tecnológico y la innovación de tal forma que se erigen, en muchos casos, como el elemento más diferenciador para el éxito o el fracaso de empresas, países y modelos de negocio.

La digitalización ha hecho que la tecnología y la innovación hayan pasado de ser una mera herramienta a un estado mental que está transformando el mercado, las organizaciones y sus "stakeholders".

> *La digitalización ha hecho que la tecnología y la innovación hayan pasado de ser una mera herramienta a un estado mental...*

AI estandarizar determinados conocimientos técnicos que pueden ser ahora desempeñados por máquinas y al acelerar el proceso de cambio, la digitalización favorece perfiles más flexibles, capaces de reinventarse y adaptarse constantemente a nuevas situaciones en el contexto de una carrera laboral más cambiante. Asimismo, conlleva la creación de organizaciones más verticales y ágiles, con un mayor empoderamiento de los empleados y mandos medios. Esto obliga por tanto a una formación más constante y el foco en el desarrollo de "soft skills", ya que se incrementa el valor del consenso en las organizaciones.

Sin lugar a duda, por tanto, la tecnología y la innovación deben pasar a ser uno de los pilares principales del desarrollo del conocimiento y del ADN de ICAI.

3. ESG

La sociedad es más exigente hoy en día, ya no vale todo. Los estándares éticos han subido el listón y hay una visión común que debemos dejar un mundo mejor y más sostenible que el que nos hemos encontrado a las nuevas generaciones que nos siguen. En este contexto de una mayor sostenibilidad del mundo es dónde el respeto al medio ambiente, la responsabilidad social, y el ejemplo en la gobernanza de las empresas cobran una importancia capital.

Tanto los consumidores como inversores premian a aquellas empresas que demuestran que realmente se preocupaban por desarrollar un mundo mejor. La sostenibilidad bien entendida genera mayor crecimiento, márgenes más sostenibles y menores riesgos y por tanto genera valor y prima. Importa por tanto no sólo lo que la empresa hace, pero también como lo hace. Además, ha de comunicarlo adecuadamente para ponerlo en valor. Simplemente el seguir las políticas establecidas y declarar que se quiere ser respetuoso con el medio ambiente no es suficiente, no es diferenciador. Lo que realmente se requiere es un cambio de mentalidad, foco, valores y habilidades de las organizaciones que permee y genere ese elemento diferencial para dar soluciones que tengan impacto.

La labor del ingeniero en este contexto a la hora de incorporar estos valores y transfórmalos en soluciones ejecutables para un mundo mejor es absolutamente crítica. Además, tiene que entender que generan crecimiento y valor para sus organizaciones y para la sociedad en su conjunto.

ICAI debe por tanto construir otro de sus pilares críticos de conocimiento alrededor del ESG hasta convertirse en otra de las señas de identidad de la universidad como lo son la tecnología o la innovación. Se ha de construir un centro de excelencia en lo que a ESG se refiere en ICAI.

Esta transformación es crítica para los próximos años y no me cabe duda de que ICAI, una vez más, estará a la altura de este reto. En este camino no hay que olvidar los valores tradicionales de ICAI que son signo de identidad y elemento diferenciador: el esfuerzo, la resolución de problemas, la integridad, el espíritu analítico y crítico, el humanismo, el respeto sincero por los demás y el contribuir con nuestra sociedad.

Javier Oficialdegui Alonso de Celada es ingeniero industrial por la Universidad Pontificia de Comillas (ICAI) y actualmente es el corresponsable a nivel mundial de Global Banking de UBS.

Empezó su carrera profesional en AT Kearny (1990-1993) y posteriormente cursó un MBA en la Sloan School of Management del Instituto Tecnológico de Massachusetts (1993-1995). Tras el MBA se incorporó a Merrill Lynch, dónde trabajó durante 17 años (1995-2012) llegando a ser presidente y jefe de banca de inversión para España y Portugal (marzo de 2009). Durante sus 17 años en Merrill Lynch participó en una gran parte de las operaciones corporativas más significativas que tuvieron lugar en dicho periodo en el mercado ibérico.

En Julio de 2012 se incorporó a UBS como responsable del departamento de instituciones financieras para EMEA dentro del departamento de banca de inversión, cargo que desempeñó hasta noviembre de 2017 en el que fue ascendido a responsable de Corporate Client Solutions para EMEA. En enero de 2018 se le nombró responsable de Banca de Inversión y Mercados de Capitales para EMEA hasta su ascenso en septiembre de 2019 a su cargo actual.

Begoña Rojo Carralero. *Promoción 2001.*

07. Conclusiones de las Seis Mesas Redondas.

Quiero empezar estas conclusiones agradeciendo la grandísima labor de los seis coordinadores de las mesas redondas que han vertebrado este Congreso. Gracias al apoyo y a la implicación de todos ellos desde la fase de preparación del Congreso ha sido posible dar forma al contenido de cada una de las mesas. Del mismo modo, durante el Congreso ha sido posible coordinar las intervenciones de los ponentes, así como destacar los aspectos clave sobre los que incidir y debatir.

También quiero agradecer a los ponentes y al resto de compañeros que han elaborado una comunicación sus aportaciones tan enriquecedoras al congreso.

Hemos seleccionado 34 ponencias y 9 comunicaciones todas ellas de extraordinaria calidad e interés, elaboradas por un plantel de compañeros del ICAI y algunos otros colectivos que recogen opiniones, estudios y aportaciones relativas a las seis mesas redondas que se resumen a continuación.

Mesa 01- Universidad y Empresa

Los ponentes de esta mesa han confrontado el mundo académico y el empresarial para debatir sobre cómo es posible potenciar las sinergias entre la universidad y las necesidades presentes y futuras de las empresas. Entre las conclusiones principales podemos destacar:

- Es necesario ser cada vez más conscientes de la necesaria evolución de nuestros perfiles profesionales, en los que debe primar la capacidad de análisis y la interpretación de resultados. La Universidad española debe adaptar sus enseñanzas para adaptarse a la demanda del mercado y para conseguir los resultados deseados es crucial la colaboración Universidad-Empresa.

> *La Universidad española debe adaptar sus enseñanzas [...] a la demanda del mercado...*

- El Doctorado continúa sin ser una de las opciones que los recién graduados tienen en consideración como primer empleo. Si bien te permite ser un experto en la materia en la que se trabaja y la aportación que se hace a la comunidad científica, las condiciones laborales, el esfuerzo y la dedicación que requiere, la falta de información sobre las futuras salidas laborales, hacen que esta alternativa se vea relegada a los últimos lugares en la lista de posibles trabajos, o que incluso ni sea tenida en consideración.
- La Cátedra de la Industria Conectada ha permitido potenciar el contacto entre Universidad y empresa permitiendo una serie de iniciativas orientadas a facilitar el aprovechamiento de las ventajas que ofrece la digitalización a la industria española, y también a tener una mejor comprensión de los elementos que ejercen como barreras. Se ha impulsado un laboratorio de investigación con alumnos de Máster que responde de manera rápida a problemas reales de la industria, lanzando proyectos que tienen la vocación de ser el germen de proyectos de investigación o incluso de industrialización de más recorrido.
- Respecto la necesidad de atraer más vocaciones de ingeniería, quedó patente que el principal motivo es la falta de información y referentes. Es fundamental ofrecer modelos y ejemplos, dar información y herramientas a los jóvenes. En este sentido, es necesario hacer especial hincapié en las mujeres, las cuales son necesarias para construir el futuro tecnológico en el que ya estamos inmersos. Las Asociaciones de Ingenieros tienen un claro papel en el fomento de las vocaciones hacia la ingeniería, que está teniendo éxito hoy en día a través de la multitud de actividades que se tienen en marcha.

Mesa 02- La Industria y su laberinto

La mesa dos, presentó la situación actual y los retos a los que se enfrenta el tejido productivo nacional. Se trataron aspectos como el nuevo escenario que se abre con la Industria 4.0, así como la visión del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia para transformar la base industrial nacional.

Entre las conclusiones principales podemos destacar:

- La industria es clave para la recuperación y resiliencia de un país. Es fundamental que a nivel nacional se modernice el modelo productivo, siguiendo tres vectores clave:

> *La industria es clave para la recuperación y resiliencia de un país.*

  - Impulsando la transformación digital de las PYMES. Los pasos que se den en este sentido sentarán las bases de la industria de los próximos cincuenta años.
  - Replanteando las cadenas de suministro, las cuales están siendo objeto de reflexión por las

empresas industriales tras las roturas de suministro vividas con motivo de la pandemia. El acceso a las materias primas en condiciones de calidad, precio y plazo es uno de los retos emergentes en el día a día de las empresas industriales.

- Y considerando como necesaria la sostenibilidad a futuro del modelo productivo. Esta sostenibilidad representa un reto a corto plazo y es un factor imprescindible a la hora de considerar la implantación de cualquier medida para evolucionar el modelo productivo.

- La pandemia COVID 19 nos sitúa en un momento único para la transformación económica de España y de la Unión Europea. Existe voluntad política para relanzar el papel de la industria y la tecnología como base de la economía y la competitividad de Europa, y los Fondos Europeos son una oportunidad para ello.
- La industria 4.0 dispone de tecnologías que están teniendo gran impacto en la sociedad. Dado el grado de internacionalización de todos los mercados, la demora en la puesta en marcha de las soluciones 4.0 supone la potencial pérdida de competitividad en un entorno cada vez más rápido. La urgencia de acelerar su implantación, exige decisiones empresariales inteligentes y la adaptación permanente.
- En relación a la importancia de la innovación en la industria, la innovación no es una opción, si no una obligación. La competitividad radica necesariamente en la diferenciación tecnológica y en la capacidad de mejora continua de productos y de procesos.

> *...la innovación no es una opción, si no una obligación.*

Mesa 03- Transición ecológica: energía y sostenibilidad

La transición energética es un proceso necesario e irreversible, por ello los ponentes de esta mesa expusieron su visión sobre la situación actual y evolución del sector energético y su marco normativo.

A través de sus ponencias e intervenciones durante la mesa redonda, podemos extraer las siguientes conclusiones principales:

- La transición energética ha de ser una palanca de crecimiento económico que promueva una integración eficiente de la tecnología y que cuente con el apoyo de la sociedad en su conjunto: administración pública, empresas y ciudadanos.

> *La transición energética ha de ser una palanca de crecimiento económico [...] que cuente con el apoyo de la sociedad en su conjunto...*

- Para cumplir con los objetivos propuestos en el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima y que la transición energética sea beneficiosa para el conjunto de la sociedad, es necesario un uso eficiente de la tecnología, dotando al sistema de seguridad de suministro y flexibilidad en el suministro y, a la vez, garantizando precios competitivos para los consumidores.
- Disponemos actualmente de suficientes recursos naturales e importantes avances tecnológicos, para avanzar en la transición ecológica. La electricidad renovable junto con nuevos vectores energéticos como el hidrógeno verde o los biocombustibles serán herramientas clave en esta transición.
- Todas las tecnologías deben competir en igualdad de condiciones, primando inicialmente las más maduras y eficientes, pero a la vez, apoyando el desarrollo de aquellas que aún no han evolucionado lo suficiente, para alcanzar un mix energético 100% renovable.
- Respecto a la regulación, desempeñará un factor clave en esta transición energética. Se enfrenta a diversos retos, como regular bajo incertidumbre tecnológica, en un entorno de desconcentración de

las competencias regulatorias o con la necesidad de regular un sistema energético más descentralizado y distribuido, pero con dimensión global. Para ello es necesario que esté basada en principios e instituciones robustas, se fijen metas ambiciosas y creíbles, y sea estable y predecible.

Mesa 04- El emprendimiento que viene

Los participantes de esta mesa redonda abordaron el emprendimiento y el papel de la ingeniería en el triángulo tecnología-economía-impacto. Se trató sobre el futuro del empleo desde el punto de vista empresarial y personal, y sobre los factores determinantes en la generación de empresas de alto crecimiento e impacto global.

Entre las conclusiones principales podemos destacar:

- El talento se ha convertido en el factor productivo clave de la economía. La revolución digital ha provocado una «guerra por el talento». Es factible convertir a España en un foco de atracción del talento por las posibilidades de calidad de vida que ofrece. Este aspecto es altamente valorado por las nuevas generaciones, quienes además de una buena retribución, buscan crear impacto, encontrar propósito en su trabajo, y valoran la flexibilidad y la calidad de vida como condiciones irrenunciables.

> *El talento se ha convertido en el factor productivo clave de la economía.*

- En este sentido, el teletrabajo ha irrumpido en nuestras vidas para quedarse. Siendo el modelo mixto - combinando presencialidad y teletrabajo- el preferido en general. Los líderes deben desarrollar capacidad de gestión por objetivos, organizar el equipo, comunicación y gestión por y de la confianza. El trabajador por su parte, debe desarrollar sus capacidades tecnológicas, su autonomía y capacidad de organización.
- Respecto a la «inversión semilla» se puso de manifiesto que es clave en la generación de empresas de alto crecimiento, capaces de competir en un mercado global y generar puesto de trabajo de valor. En este sentido los ingenieros e ingenieras más «seniors» pueden encontrar una oportunidad bien como inversores en los proyectos o bien aportando su experiencia profesional y contribuir así a su éxito.
- La figura del ingeniero es clave en la creación de empresas tecnológicas: no sólo es capaz de generar o compartir una visión en la que nuevas herramientas respondan a las necesidades sociales, sino que puede cristalizarla en una empresa sólida capaz de sobrevivir en un entorno económico cambiante y generar empleo de calidad.

> *La figura del ingeniero es clave en la creación de empresas tecnológicas...*

- En este sentido se puso de manifiesto la gran preparación técnica de los ingenieros e ingenieras del ICAI, y se trató sobre qué podía hacer la Universidad para favorecer el emprendimiento. Se destacaron tres ideas considerando la etapa universitaria como un momento en la vida de los alumnos de descubrimiento personal y creatividad: flexibilizar las opciones que se dan a los alumnos para escoger, acertar o equivocarse y por tanto aprender, realizar una labor de acompañamiento una vez deciden emprender y, por último, incluir entre las enseñanzas de la Universidad herramientas como la comunicación, que es clave a la hora de transmitir una idea o un proyecto.

Mesa 05- La ingeniería ante los Grandes Retos Sociales

Enmarcada dentro de las actividades de 'Ingeniería con propósito' esta mesa trató sobre qué es el propósito exponiendo testimonios de compañeros que realizan su actividad profesional aplicando el poder de la tecnología a la hora de hacer realidad el lema de «no dejar a nadie atrás».

Se presentaron algunas de las aplicaciones de la ingeniería para el empleo más eficiente de los recursos naturales, en especial el agua, así como el vínculo entre la ingeniería y el desarrollo sostenible junto a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) todo ello como una oportunidad para el emprendimiento.

Entre las conclusiones principales podemos destacar:

- Los grandes retos que tiene hoy la humanidad solo se pueden abordar con la colaboración de todos los organismos: administraciones, sociedad civil y empresas.
- Es compatible una amplia actividad y desarrollo profesional ingenieriles, con un planteamiento enfocado a mejorar las condiciones de los más necesitados. Y no sólo es compatible, sino muy deseable en las actuales circunstancias de grandes desigualdades sociales.
- La ingeniería con propósito es aquella que se aplica para resolver alguno de los grandes problemas sociales o ambientales reflejados en los ODS de la agenda 2030, sin crear o ahondar en ningún otro problema. En un mundo cada vez más tecnificado, es importante que la tecnología forme parte de la solución y no de los problemas. Para ello, una ingeniería centrada en resolver los problemas de los más vulnerables es una ingeniería con propósito.
- El rol de la ingeniería es clave para llevar a cabo la implantación de los ODS. Es imprescindible mostrar el enfoque más social de la ingeniería para hacer llegar el mensaje, especialmente a los jóvenes profesionales, a los estudiantes y a los que están decidiendo su futuro profesional, del gran poder transformador de la ingeniería.

> *El rol de la ingeniería es clave para llevar a cabo la implantación de los ODS.*

- Existen grandes retos en el sector agroalimentario y en el sector hídrico, en cuanto a la mejora al acceso y empleo del agua, donde los ingenieros del ICAI podemos aportar capacidades idóneas para resolver las cuestiones técnicas, tecnológicas, financieras y de gestión.

Mesa 06- Los próximos 100 años

La mesa de los próximos cien años, puso el debate en los nuevos escenarios del futuro y el papel de la ingeniería y la ética en ellos. Se abordaron temas de innovación, progreso tecnológico y conocimiento ante los retos del siglo XXI, así como el futuro de la empresa, de las finanzas y la energía y por supuesto, del futuro del ICAI.

En esta mesa, cuyo mensaje fuerza se puede condensar en «más futuro, más tecnología y más ICAI», se destacan las siguientes conclusiones:

> *«más futuro, más tecnología y más ICAI»*

- A nivel global, los grandes retos ante los que nos encontramos son entre otros, la descarbonización, la escasez de agua y alimentos, el acceso y mejora de cuidados médicos y el desempleo.
- A nivel industrial, los retos están en la digitalización, la mejora de las cadenas de suministros, y de la automatización de los activos, y el acceso a personal técnico cualificado.
- Hay que mirar al futuro con optimismo. Disponemos de tecnologías como la supercomputación, la Inteligencia artificial, la robótica, que ya forman parte del currículo de los ingenieros actuales, que nos van a ayudar a resolver estos retos.

> *Hay que mirar al futuro con optimismo.*

- Las tendencias clave que el Ingeniero y la Ingeniera del ICAI ha de considerar para continuar teniendo éxito en los próximos cien años son por tanto la Globalización, la Digitalización y las inversiones sostenibles considerando los criterios ESG (factores ambientales, social y de buen gobierno).
- Los ingenieros y las ingenieras del ICAI estarán a la altura de la continua adaptación a estas tres tendencias, pero no debemos en ningún caso olvidar nuestros valores tradicionales que son signo de identidad y elemento diferenciador: el esfuerzo, la resolución de problemas, la integridad, el espíritu

analítico y crítico, el humanismo, el respeto sincero por los demás y el colaborar en la mejora de nuestra sociedad.

> *Los ingenieros y las ingenieras del ICAI estarán a la altura de la continua adaptación...*

- La capacidad de hacer y resolver en un mundo fuertemente tecnológico es lo más importante a desarrollar entre nosotros. La inventiva y la capacidad de tomar riesgos deben ser revitalizados entre nosotros, especialmente entre los ingenieros más cercanos al mundo que se nos viene encima.
- El mundo está a las puertas de una gran transformación llena de oportunidades, aunque no sean siempre fáciles de poner en funcionamiento. Las nuevas revoluciones tecnológicas en marcha y las oportunidades que conllevan permitirían un resurgir notorio de nuestro país. La reindustrialización y la renovación del espíritu innovador, tecnológico y emprendedor es una especie de asignatura pendiente entre nosotros que deberíamos «aprobar» con rapidez.
- De cara al futuro los ingenieros y las ingenieras debemos pensar en grande. Es clave aprender y desaprender. Y es clave disponer de un proyecto de vida que nos ayude a tomar decisiones valientes y a impulsar ese espíritu crítico que nos caracteriza como Ingenieros del ICAI.

Como conclusión final, y como comentábamos el día de la clausura del Congreso, estos seis temas, que fueron elegidos por todos vosotros, han dejado patente que ICAI tiene pasado, tiene historia, pero sobre todo tiene mucho futuro.

En ese futuro estamos los estudiantes, nuestra querida Escuela, la Asociación por tanto todos nosotros.

> *¡A por otros cien años más!*

08.
Intervención de José Bogas Gálvez, consejero delegado de Endesa en el acto de clausura.

José Bogas Gálvez. *Consejero delegado. Endesa*

Querido Rector, Enrique Sanz; presidente de la Asociación Nacional de Ingenieros, Jaime de Rábago; director de la ETS de Ingeniería ICAI, Antonio Muñoz. Begoña Rojo. Amigos todos. Buenos días.

Es un honor estar hoy aquí con motivo de la clausura del Octavo Congreso Nacional de Ingenieros de ICAI. El ICAI es la que considero mi casa desde que iniciase aquí mi formación universitaria, que tanto ha influido en mi carrera profesional.

Muchos de los aquí presentes, y muchos de los que durante estos tres días han participado en el congreso, saben de mi profundo cariño e identificación por esta institución. En ella me formé y en ella conocí a muchos de mis amigos; de ella aprendí valores y compromisos personales y profesionales.

Unos valores que me han permitido desarrollar una carrera en la que, gracias a Dios, he podido desempeñar funciones muy diversas hasta alcanzar la máxima responsabilidad ejecutiva en Endesa.

Que este año haya podido celebrarse el Octavo Congreso es una gran noticia para todos, por dos razones. La primera, y coincidirán conmigo tras el parón obligado por la pandemia, es que este haya podido celebrarse de manera presencial. La presencialidad ha permitido, a buen seguro, ahondar aún más, si cabe, en los temas y las conexiones que siempre se generan en estos foros.

La segunda es porque no debemos dejar de reivindicar el rol de los ingenieros. Máxime en momentos de enorme complejidad geopolítica e industrial. El

papel de los ingenieros, y el papel de los ingenieros de ICAI, con sus conocimientos, pero sobre todo "valores", esculpidos y reforzados en esta casa, es hoy más necesario que nunca.

> *...el papel de los ingenieros de ICAI, con sus conocimientos, pero sobre todo "valores" [...] es hoy más necesario que nunca.*

Y en este sentido, me permito poner el foco también en la necesidad de atraer a perfiles jóvenes, especialmente mujeres, que en breve puedan nutrir de talento el tejido empresarial en general y a empresas como Endesa en particular.

Hace unas semanas, tuve la oportunidad de mantener un encuentro en esta misma casa con los becados de la Fundación Endesa. Becas que reconocen la excelencia académica de alumnas y de alumnos de diferentes carreras. Muchos de ellos eran estudiantes de ingeniería, estudiantes del ICAI.

Durante mi intervención les explicaba lo importante que era para nosotros, y particularmente para mí, tener siempre puestos nuestros pies en el presente y la mirada en el futuro. Y en ese futuro están muchos de los ingenieros que hoy estudian aquí, y otros que también salieron de aquí, sin menoscabo de otros que han formado su futuro en otras escuelas y universidades.

Y con ese afán de repensar continuamente el futuro, pero considerando todo lo que está pasando en nuestro entorno, permítanme que haga un repaso a cuatro puntos de la "actualidad" energética de nuestro país: 1) el primero, los retos y oportunidades a los que se enfrenta el sector energético 2) el segundo, el impacto que deberían tener los Fondos Next Generation de la Unión Europea en el corto y medio plazo 3) el tercero, las principales reformas estructurales que a mi juicio son necesarias en España y 4) el cuarto, qué estamos haciendo o qué debemos hacer para frenar la amenaza del cambio climático en un contexto de turbulencias cíclicas.

Retos y oportunidades del sector energético

Los principales retos que tenemos por delante en el sector energético son: acelerar la hoja de ruta de la transición energética justa, me refiero a descarbonizar la economía, electrificando la demanda y desplegando capacidad renovable y generación e instalaciones basadas en tecnologías limpias que aseguren la firmeza del suministro.

Pero Justa = nuestra responsabilidad "social" es que "esta disrupción", al igual que la de la digitalización, sea "inclusiva", que no deje a nadie atrás; que no incremente (incluso que reduzca) las "brechas sociales" actuales.

> *...nuestra responsabilidad "social" es que "esta disrupción" [...] sea "inclusiva", que no deje a nadie atrás...*

Así mismo, es preciso dar un salto cualitativo en el modelo de distribución eléctrico gracias a las oportunidades que nos brindan la tecnología y la digitalización.

Y todo esto, si tenemos en cuenta el enorme debate social en el que nos hemos visto inmersos durante los últimos meses, haciendo que familias y empresas puedan acceder a los servicios eléctricos a precios razonables. Esto se puede lograr aligerando las importantes cargas impositivas que gravan la factura de la luz. Algo que ha empezado a aplicarse con carácter temporal, lo que lógicamente valoramos positivamente, aunque debería ser una medida sostenida en el tiempo.

Solamente logrando este objetivo de asegurar un acceso asequible y proporcionado a los servicios

eléctricos, podremos incorporar a la sociedad un modelo de electrificación sostenible en hogares, empresas y movilidad.

Fondos europeos y su impacto en materia de cambio climático

Respecto al papel de los Fondos Next Generation UE, puedo afirmar que son una respuesta sin precedentes por parte de la Unión Europea a la situación excepcional que nos ha traído la pandemia.

Unos datos a modo de recordatorio: el presupuesto anual reforzado 2021-2027 de la Unión Europea asciende a 1.074b€. Los fondos Next Generation EU 2021-2024 alcanzan un valor de 750b€.

Esta respuesta de la Unión Europea es un punto de inflexión, al menos en lo que a la gobernanza económica se refiere; y se trata de un paso decidido hacia una mayor integración económica.

Algún dato más: España es la segunda economía europea que más ayuda recibirá: 70k€ en ayudas directas y 70k€ en préstamos.

Se trata, sin ninguna duda, de la apuesta más importante de la historia de la UE para cambiar el modelo productivo e impulsar el crecimiento sostenible.

Los Fondos van a cambiar la economía española, pero solamente si la asignación y la distribución de fondos se hacen correctamente y conforme a un plan que ponga el foco en lo estructural. No podemos desaprovechar esta oportunidad.

En este contexto, la transición energética deberá ser uno de los vectores estructurales que van a cambiar la economía de nuestro país, el pilar de una recuperación económica sostenible y robusta. Pero, como decía, para que sea así, deberán realizarse una serie de reformas, a las que ahora me referiré. No deben añadirse trabas regulatorias y debe favorecerse un entorno jurídico y normativo que sea atractivo para los inversores.

La situación de España tras la pandemia: retos y oportunidades

Respecto a las reformas que se deben acometer, es necesario focalizarlas en aquellas que faciliten las inversiones en nuestro país.

En este sentido, deberían centrarse en el crecimiento PIB, en la generación de empleo y en dar una respuesta equilibrada a la situación económica y social.

Las reformas son el engranaje que deben traducir estas inversiones en crecimiento económico y en generación de empleo. Estas reformas deberían estar dirigidas -además- a mejorar el capital humano mediante un plan de choque entre la población más joven y un programa de formación y recualificación de la fuerza trabajadora para acompasar perfiles y habilidades a los cambios y nuevas necesidades laborales impuestas por la aceleración tecnológica.

El capital tecnológico y la modernización del tejido productivo deberían ser, otra de las prioridades para pasar de la formulación a la acción en todo lo que tiene que ver con digitalización, la transición ecológica y la economía circular.

Por otro lado, nuestro Estado de Bienestar debe adaptarse a una sociedad más longeva y esto obliga también a tener una concepción diferente de la división del trabajo, de la jubilación y de los sistemas de previsión.

Son otros muchos los retos que debemos afrontar como país, pero no quiero dejar de mencionar alguno de ellos: la necesidad de asegurar un desarrollo territorial equilibrado, justo y sostenible; de apostar por modelos de ciudad sostenibles y electrificados; de revitalizar el entorno rural y de las ciudades medias y de buscar soluciones específicas para las regiones ultraperiféricas.

Es preciso también impulsar la conectividad, reducir el nivel de pobreza y de desigualdad o desplegar un plan viable y eficaz para mejorar el funcionamiento de la administración en términos de imparcialidad, eficacia y eficiencia organizativa.

En definitiva, una enorme batería de reformas de mejora, cambio y reimpulso de la economía y del país.

Y en este reto descomunal que tenemos por delante, siempre he defendido una mayor colaboración público-privada. Creo que es siempre, pero especialmente en materia energética, el mejor camino para lograr resultados.

Y como marco general que condiciona esta tarea está la lucha contra los efectos del cambio climático.

Hace menos de una semana asistíamos al fin de la COP 26 de Glasgow con resultados y compromisos más firmes de los que muchos esperaban en un principio y menos sólidos y expeditivos de lo deseado para otros muchos.

En cualquier caso, cada vez hay más consenso acerca de la necesidad de actuar y de hacerlo rápido y de manera efectiva, por lo que, lo que se ha avanzado en la COP26, debemos hacerlo efectivo.

Credibilidad de los objetivos de reducción de emisiones

Queridos amigos. No vamos a tener una segunda oportunidad para hacer las cosas bien, así es que hay que actuar ya para alcanzar los objetivos de reducción de emisiones que nos hemos marcado. Esto requiere esfuerzo, pero es posible.

> *No vamos a tener una segunda oportunidad para hacer las cosas bien, así es que hay que actuar ya para alcanzar los objetivos de reducción de emisiones que nos hemos marcado.*

En el caso de Endesa, podemos confirmar que este año ya somos la empresa eléctrica vertical integrada con menos emisiones en la península ibérica. Y no ha sido fácil, pues hasta hace pocos años éramos, de lo cual seguimos estando muy orgullosos, la empresa carbonera de referencia.

Continuando con nuestro esfuerzo, nuestra visión a diez años proyecta alcanzar un objetivo aún más retador: que el 80 por ciento de toda nuestra producción, esté libre de CO2.

El enfoque es muy claro: orientar nuestro negocio a dar respuesta a los grandes retos sociales, ambientales y éticos que afronta la sociedad en la que operamos. Y lo hacemos desde una visión de creación de valor compartido, generando beneficios a la vez que producimos un impacto positivo en la sociedad.

Por ello tenemos un compromiso público de contribución respecto a los objetivos de la Agenda 2030, poniendo especial foco en aquellos objetivos a los que más podemos contribuir desde nuestra actividad.

En este sentido, nuestro último Plan Industrial destinaba más del 90% (el 94%, para ser exactos) de su CAPEX a inversiones dirigidas al ODS 13, de Acción por el clima. Adicionalmente, cada línea de negocio desarrolla líneas de actuación que tienen un impacto directo en los ODS 7, 9 y 11.

ODS 7 = energía asequible y no contaminante.

ODS 9 = referido a la innovación e infraestructuras.

ODS 11 = ciudades y comunidades sostenibles.

Todo ello lo estamos desarrollando, y lo vamos a seguir desarrollando, en un entorno no exento de turbulencias cíclicas que tendremos que manejar.

En este entorno turbulento, la hoja de ruta que ha marcado la Agencia Internacional de la Energía recoge las claves de lo que tenemos que hacer.

La transición energética va a traer momentos de tensión y de volatilidad. Estamos viviendo uno de ellos ahora. Es el precio que debemos pagar, y gestionar, para avanzar y alcanzar un modelo energético limpio, sostenible y asequible.

En este sentido, hace pocas semanas, la Comisión Europea daba a conocer el llamado toolkit o caja de herramientas necesarias para afrontar las actuales turbulencias. Creo que señala claramente la dirección, y una de las líneas apuntadas es precisamente no alterar la integridad del mercado y explorar soluciones en torno al gas, el verdadero causante de las tensiones que actualmente estamos viviendo.

En definitiva, las eléctricas somos actores imprescindibles y necesarios para solucionar el problema actual, pero esencialmente para cumplir los objetivos de descarbonización y garantizarle a la sociedad una energía limpia y accesible.

Y nosotros las compañías eléctricas/energéticas tenemos un ADN ingenieril. Por eso retomo una de las ideas que apuntaba al inicio de mi intervención: hoy

más que nunca tenemos que reivindicar la importancia de los ingenieros.

La Asociación de Ingenieros del ICAI tiene que mantener unidos a todo el colectivo de ingenieros de las distintas promociones de nuestra escuela.

La Asociación ha venido desempeñando este objetivo con gran éxito durante los 100 años de existencia que ahora celebramos, manteniendo cohesionado a nuestro colectivo y acompañándonos a lo largo de la vida profesional.

El "espíritu del ICAI" se refleja también en nuestra Asociación.

Y siempre promoviendo un ejercicio de la ingeniería desde valores fundamentales como son:

• El esfuerzo.

• La innovación.

• La integridad.

Y el espíritu de servicio a la sociedad

Por este motivo es absolutamente necesario seguir celebrando congresos como este que hoy clausuramos.

Animo al ICAI a seguir trabajando para fomentar la excelencia entre sus alumnos porque así aseguraremos la excelencia de las empresas del futuro.

Y poned, como ha hecho siempre el ICAI, "pasión" en ello, pues como decía Hegel "nada en la vida es posible sin pasión".

Enhorabuena por haber logrado que esta Octava edición haya sido un éxito.

Muchísimas gracias a todos.

Jaime Rábago Marín. *Presidente. Asociación Nacional de Ingenieros del ICAI.*

09. Intervención del presidente de la Asociación en el acto de clausura.

Rector Magnífico de la Universidad Pontificia Comillas, Padre Enrique Sanz Giménez-Rico, SJ, director de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería, D. Antonio Muñoz San Roque, consejero delegado de Endesa, Dª José Bogas, representantes de las empresas patrocinadoras de este nuestro VIII Congreso, queridos compañeros, señoras y señores.

Todo llega a su fin, y hemos llegado al final de este Congreso del Centenario, que hace el número 8 en toda nuestra historia.

Ya se ha hecho un balance muy sólido, por lo que no incidiré en los contenidos, y fundamentalmente me dedicaré a agradecer, agradecer a muchas personas e instituciones que han hecho posible la realización de ese Congreso.

Primero agradecer por supuesto a nuestro Rector su presencia una vez más apoyando las actividades de la Asociación y, en especial, esta tan importante.

Y por todo el apoyo recibido por parte del conjunto de la Universidad, desde la Escuela de ICAI, muchas gracias, Antonio, pasando por los distintos Vicerrectorados (muchas gracias, Clara por acompañarnos y por esa disposición para ayudar), oficialías, bedeles, etc. Muchas gracias por vuestra labor, porque ha sido fundamental para el éxito del Congreso.

Agradecer también muy especialmente a los Coordinadores de todas las mesas: a Andrés, a Bernardo, a Paloma, a Nacho, a Julio y a Nicolás, por vuestra extraordinaria tarea a lo largo de los meses pasados

en su labor de coordinación, de seguimiento y de culminación brillante en el día de ayer y con las conclusiones en el día de hoy. Y, por descontado, gracias a todos los ponentes, un total de 35, por esa labor de reflexión, de redacción y de elaboración de sus distintas ponencias, presentaciones y comunicaciones. Gracias por todo ese trabajo, de verdad.

Agradecer por descontado a las Empresas Patrocinadoras, pues sin su colaboración no hubiera sido posible la celebración del Congreso: Iberdrola, Endesa, Acerinox, Thales, Enagás, Kearney, Metrovacesa, Engie, García-Pi, Mutualidad de la Abogacía y Russell Reynolds.

Quiero agradecer además a todos los compañeros que os habéis inscrito ya sea en el formato presencial como en el online, y que habéis participado activamente en todas las mesas, con preguntas, intervenciones, sugerencias, porque habéis hecho del Congreso una actividad muy viva, dinámica y en tiempo real.

Por supuesto, un agradecimiento con mayúsculas al equipo organizador del Congreso que, con una colaboración desinteresada y sostenida durante más de un año desde que decidimos lanzar la organización de este Congreso, han hecho una labor extraordinariamente profesional: Begoña Rojo, Luis Ballester, y Cristóbal Cantos. Muchas gracias, compañeros.

Y, por último, pero no menos importante, quiero agradecer sincera, honda y profundamente a todo el equipo de la Asociación, a Ana, a Ana Isabel, a Beatriz, a Fernando, a Iván, a María, a María José, a Marisol y a Sonia, liderados por nuestra simpar secretaria general Marta Reina, que han hecho una labor impecable en circunstancias complicadas por el protocolo COVID aún vigente. Muchas gracias, equipo, muchas gracias, lideresa…

Y no me queda mucho más que añadir. Espero de verdad que este Congreso os haya sido útil, y me quedo con unas de las postreras palabras de mi discurso de inauguración:

"Nuestra prioridad es trabajar ***desde la excelencia y desde los más altos estándares éticos poniendo nuestro talento al servicio de la sociedad****. Eso es lo que nos identifica como Asociación y como ingenieros del ICAI".*

Todos coincidimos en que no seríamos lo que somos sin el ICAI. Como dice el lema de nuestro Congreso, sigamos siendo historia, y sigamos construyendo futuro, y siempre, sede esa #Ingenieríaconpropósito.

> *sigamos siendo historia, y sigamos construyendo futuro*

Quedamos emplazados para el IX Congreso, más pronto que tarde, ya lo veréis, compañeros.

Muchas gracias a todos por vuestra atención.

J. Enrique Sanz Giménez-Rico, *SJ. Rector Magnífico. Universidad Pontificia Comillas.*

10. Intervención del Rector Magnífico de la Escuela en el acto de clausura.

Presidente de la Asociación Nacional de Ingenieros de ICAI y Decano de su Colegio Nacional, director de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería ICAI, consejero delegado de Endesa, señoras y señores.

Es un gran honor para mí dirigirles unas palabras con las que clausuramos el VIII Congreso Nacional de Ingenieros ICAI.

He escuchado con mucho gusto a los moderadores de sus seis mesas la presentación de los principales resultados sobre temas de interés como universidad y empresa, la situación de la industria, energía y sostenibilidad, emprendimiento y empleo, los retos sociales que aborda la ingeniería y el futuro que se nos avecina.

Lo he escuchado también pensando en nuestros estudiantes del ICAI, a los que la Asociación Nacional de Ingenieros del ICAI ofrece importantes ayudas: orientación profesional, facilidades para acceder al mundo profesional. Entre ellos quiero recordar especialmente a los de nuestros másteres, a los que, a través de su fundación, vuestra Asociación apoya siempre y de manera especial cuando se encuentran elaborando su Trabajo Fin de Máster. Vuestro apoyo, puro emprendimiento social, contribuye a construir una sociedad y un entorno más sostenibles y a mejorar la vida de los colectivos vulnerables. Contribuye igualmente a formar a nuestros estudiantes para que realicen voluntariado de alto impacto, y tengan así un relevante compromiso social.

Por eso vuestra fundación se encuentra muy próxima a nuestra escuela y a nuestra universidad. Una proximidad que se expresa también en el valor que concedemos las dos instituciones al compromiso social con la formación y con la comunicación. Sí, queridos amigos de la Asociación Nacional de Ingenieros de ICAI, los tiempos tan difíciles que vivimos nos invitan a transformar nuestra sociedad con una formación sólida y trabajada, esculpida con esfuerzo y dedicación, alejada del ruido y de la confusión que crean las voces que dicen que el talento se desarrolla y alcanza sin esfuerzo. En nuestra universidad apostamos decididamente por ese tipo de formación y por los fines que ella puede alcanzar, así como por transmitirla y comunicarla por los diversos canales que se encuentran a nuestro alcance. De ahí que ante esta asamblea tan representativa quiero manifestar el deseo de estrechar cada vez más nuestros lazos, de, como os decía en mi discurso inaugural, vincularnos mediante el sello de la compasión que cultivamos en Comillas y que tanto puede transformar nuestro mundo.

No quiero dejar pasar esta oportunidad para recordar el trabajo que habéis realizado los miembros de la Asociación durante la larga pandemia que, desgraciadamente, todavía nos acompaña y asola. Un informe reciente de nuestra Cátedra José María Martín Patino de la Cultura del encuentro, patrocinado por la fundación Ramón Areces, sostiene que "solo cuando los riesgos se materializan en realidades, como ha ocurrido con la pandemia ahora o con la crisis económica antes, se reconoce que eran unos riesgos previsibles, anticipados, y en muchos casos anunciados, pero que plantean problemas no suficientemente prevenidos". Pues bien, durante muchos meses habéis sido capaces de responder a problemas no prevenidos, generando voluntariado de alto impacto en ámbitos como la eficiencia energética, las energías renovables, la ecología. Son aportaciones que el virus no se ha llevado por delante y que han quedado grabadas en la retina de los que os hemos seguido más de cerca. Ojalá que en los próximos meses podáis seguir generando tanto impacto a través de vuestro voluntariado.

Quiero agradecer, por último, a todas las personas que habéis preparado con tanto esmero este VIII congreso de vuestra asociación. También a sus patrocinadores. Igualmente, a los miembros de Comillas y de Comillas ICAI que os han facilitado el trabajo en las últimas semanas. Mi agradecimiento incluye el reconocimiento por la calidad de lo realizado. Una calidad que, como ha quedado demostrado una vez más, es mayor cuanto más juntos trabajamos y colaboramos buscando un fin socialmente transformador. Nos emplazamos para el próximo congreso que, sin duda, nos ofrecerá nuevas aportaciones y también, esperemos, alguna sorpresa.

Muchas gracias

Somos historia que construye **futuro**

Patrocinadores

endesa

IBERDROLA

ACERINOX

THALES
Building a future we can all trust

enagas

KEARNEY

metrovacesa

ENGIE

García-Pi
ABOGADOS

grupo
MUTUALIDAD
ABOGACÍA

Russell Reynolds
ASSOCIATES

CONGRESO
100
AÑOS

CONGRESO
100
AÑOS