



## **Jornada**

# ¿TIENE FUTURO EL TRANSPORTE POR LEVITACIÓN MAGNÉTICA? EL CONCEPTO LEVITRANS

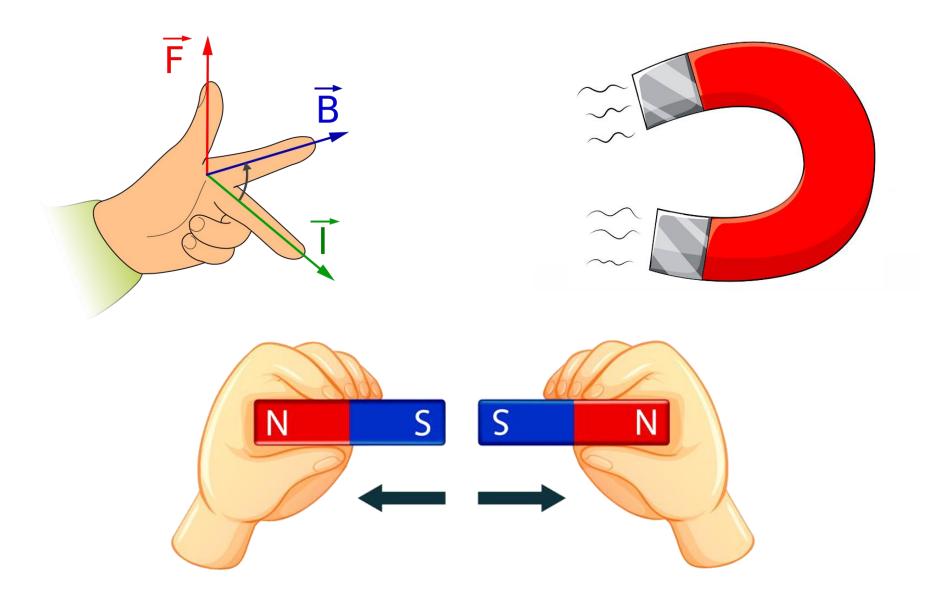
Ponentes: D. Juan Carlos Lorenzo

EURIF Comisión MAGLEV

Moderador: D. Fernando Montes Ponce de León



## Desarrollada sobre unos principios muy básicos ...



# ... existen multitud de aplicaciones de la levitación magnética





## La primera aplicación ferroviaria ¿pudo ser ...?



Transrapid 05

Feria Internacional de Hamburgo

1979

55.000 pasajeros

## ... ¿o quizás?



AirRail Link

Aeropuerto de Birmingham

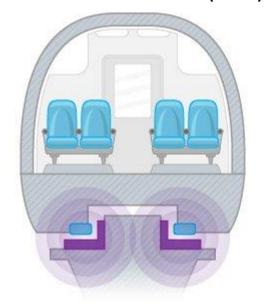
1984

11 años de operación

#### Básicamente existen tres tecnologías generales de levitación ferroviaria

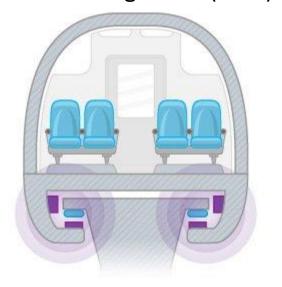
# Tecnologías de Levitación

Electrodinámica (EDS)



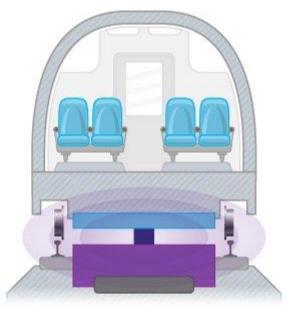
Los electroimanes en la vía hacen levitar el vehículo

Electromagnética (EMS)



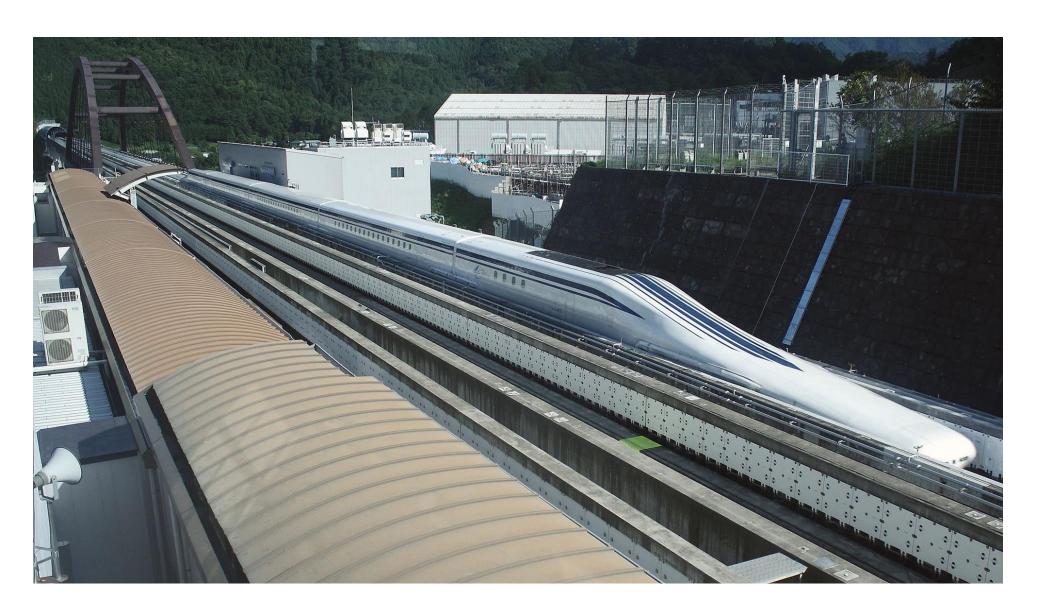
Los electroimanes en el vehículo lo hacen levitar

Levitación pasiva



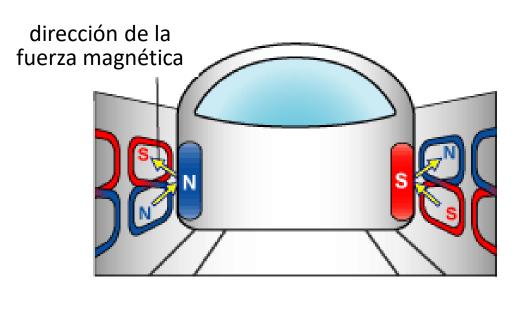
Los imanes permanentes levitan sobre bobinas pasivas

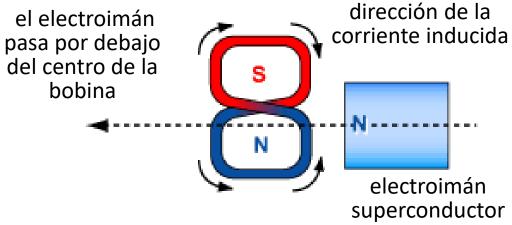
## Levitación Electrodinámica (EDS): el Maglev japonés



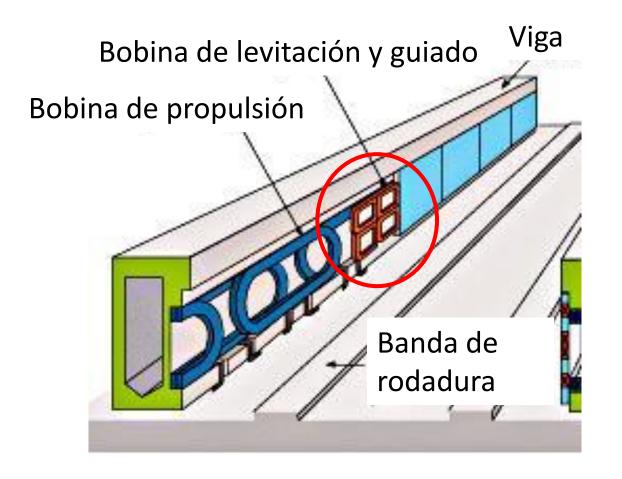
### Levitación Electrodinámica (EDS): levitación y guiado

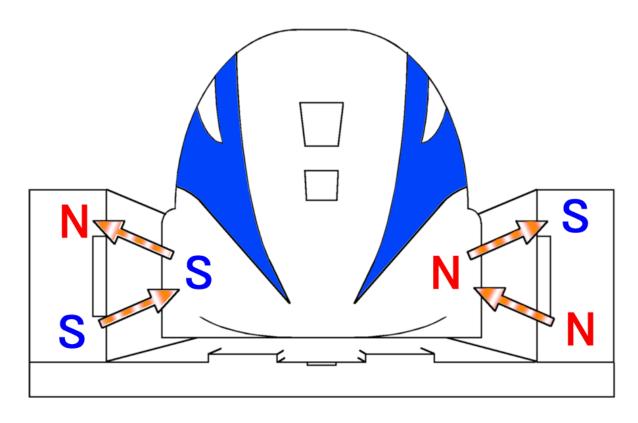






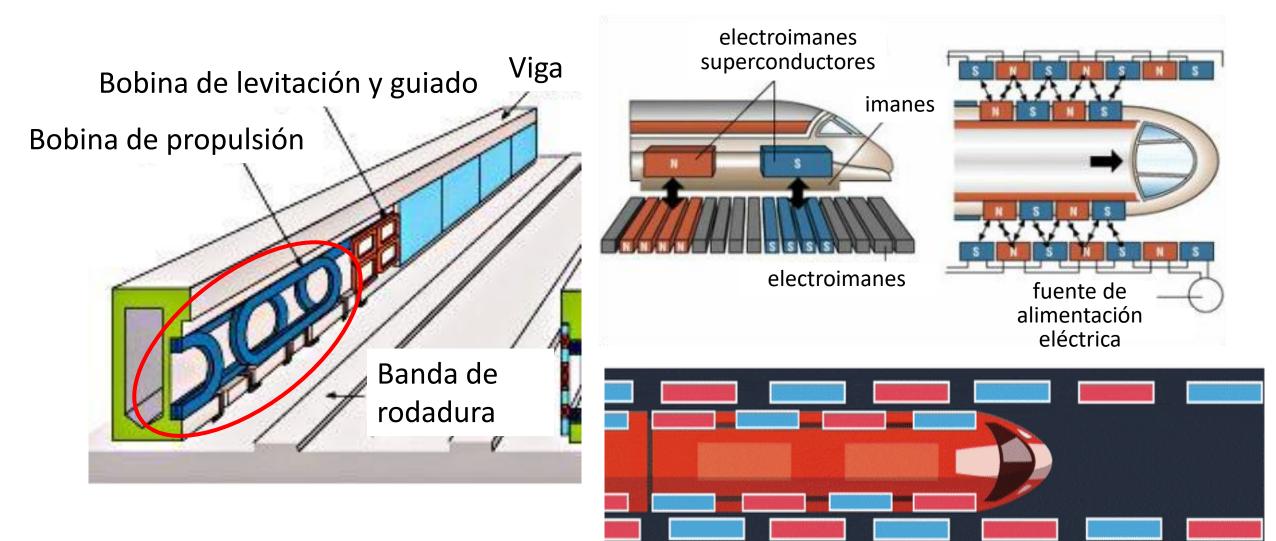
#### Levitación Electrodinámica (EDS): levitación y guiado



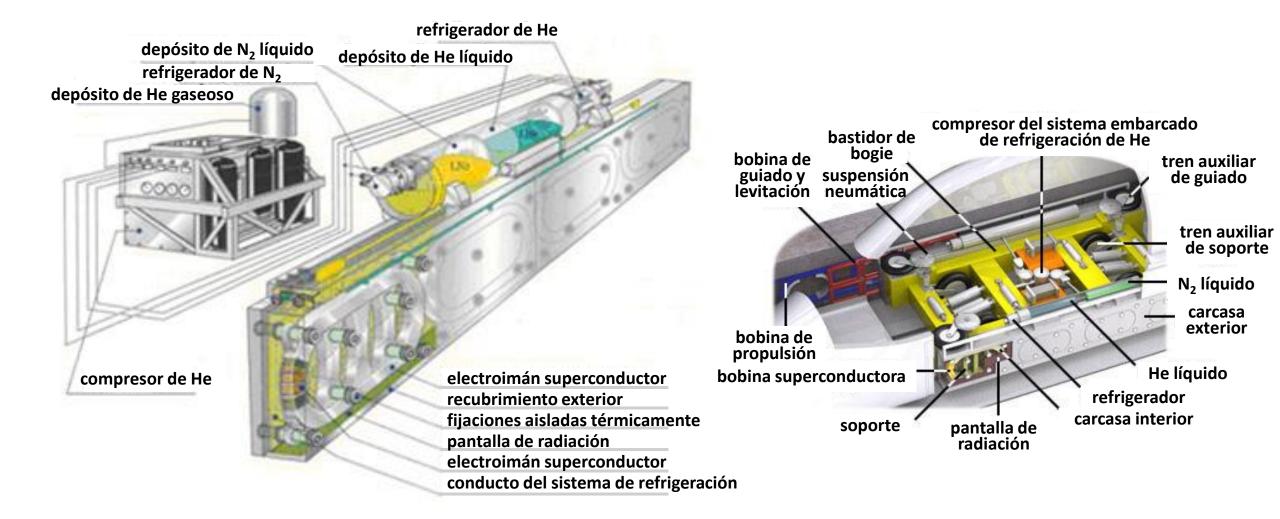


La inducción sobre las bobinas de levitación y guiado aumenta a medida que el vehículo se mueve, mientras no es suficiente (< 150 km/h) se apoya en ruedas sobre la banda de rodadura

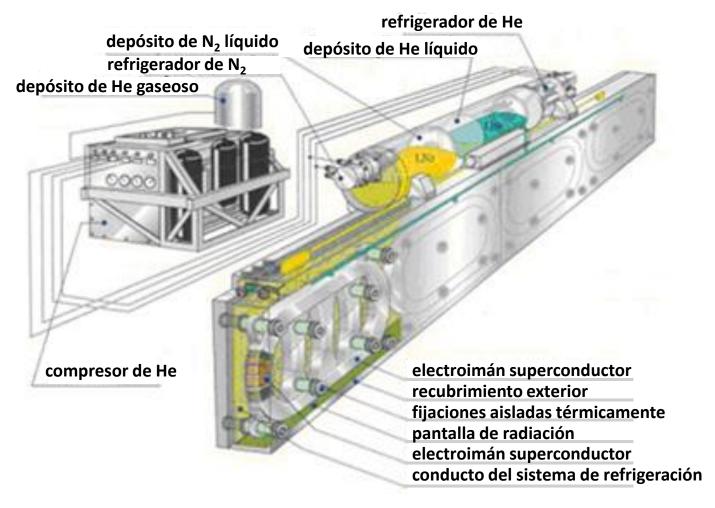
## Levitación Electrodinámica (EDS): propulsión



### Levitación Electrodinámica (EDS): superconductores

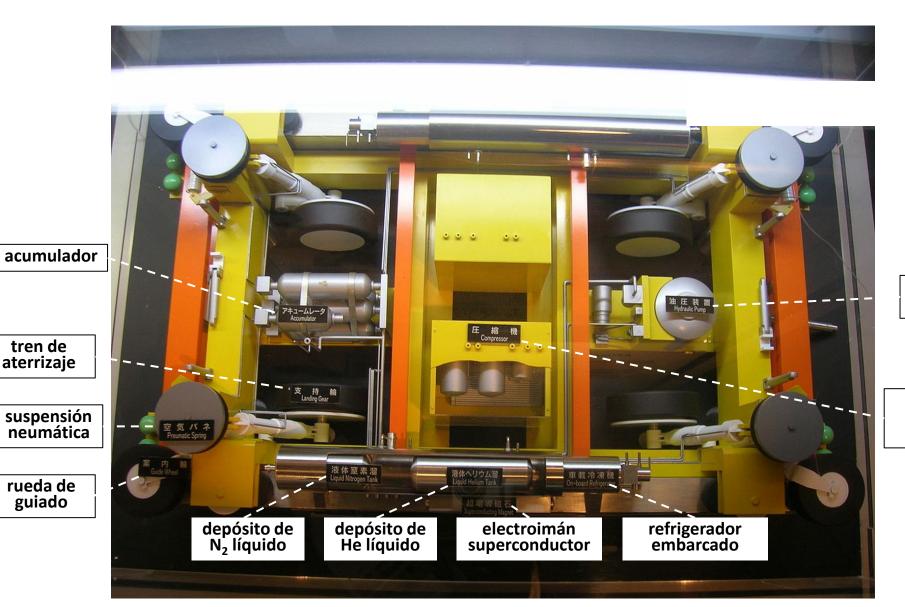


## Levitación Electrodinámica (EDS): vía superconductora





## Levitación Electrodinámica (EDS): bogie superconductor



bomba hidraúlica

compresor del sistema embarcado de refrigeración de He

rueda de guiado

tren de aterrizaje

#### Levitación Electrodinámica (EDS): uso de superconductores

- Los superconductores tienen un consumo muy bajo (casi nulo) y un altísimo rendimiento magnético
- Deben ser refrigerados a temperaturas cercanas a los 90° K (-180° C) utilizando N<sub>2</sub> líquido hasta 77° K y/o He líquido hasta 4° K
- Pierden sus características con corrientes alternas, sólo funcionan con corriente continua
- Se investigan superconductores a temperatura ambiente, ya se han descubierto algunos sobre los 0° C, pero se precisan presiones del entorno de 2,5 Matm (unos 2,5 x  $10^{11}$  Pa ó 0,25 TPa)
- Los campos magnéticos generados son considerables y pueden llegar a interferir con sistemas electrónicos no protegidos utilizados a bordo (móviles, tablets, marcapasos, etc.)



Nagoya Station

Fuente y ©: Central Japan Railway Company (actualizado a fecha 12 de marzo de 2021)

Inauguración tramo Tokio – Nagoya: 2027

Velocidad máxima comercial: 500 km/h

Recorrido: 171 km en 40 minutos

Inauguración línea Tokio – Osaka: 2037

Yamanashi Maglev Line

KANAGAWA

Nagano Prefecture Station (tentative name)

SHIZUOKA

Kanagawa Prefecture Station (tentative name

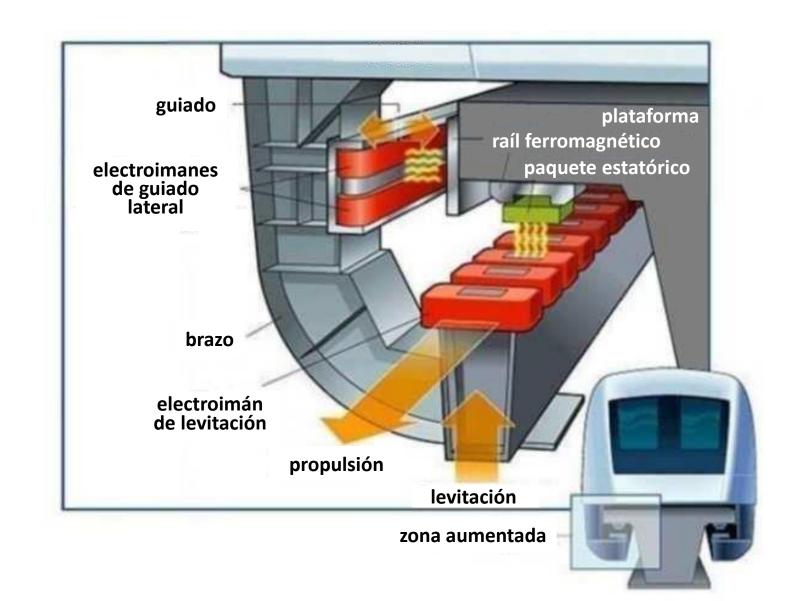
Shinagawa Station

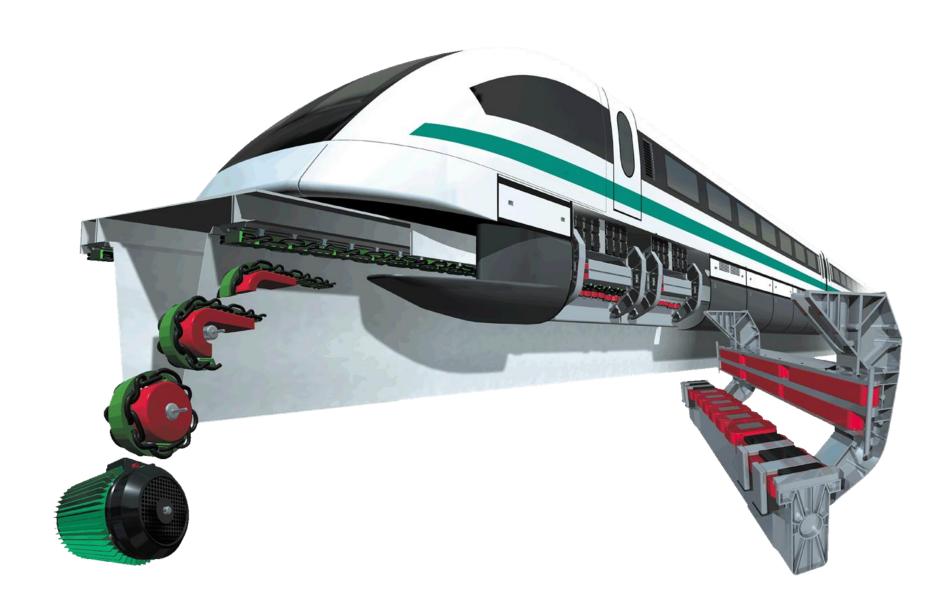
Yamanashi Maglev Line: 43 km

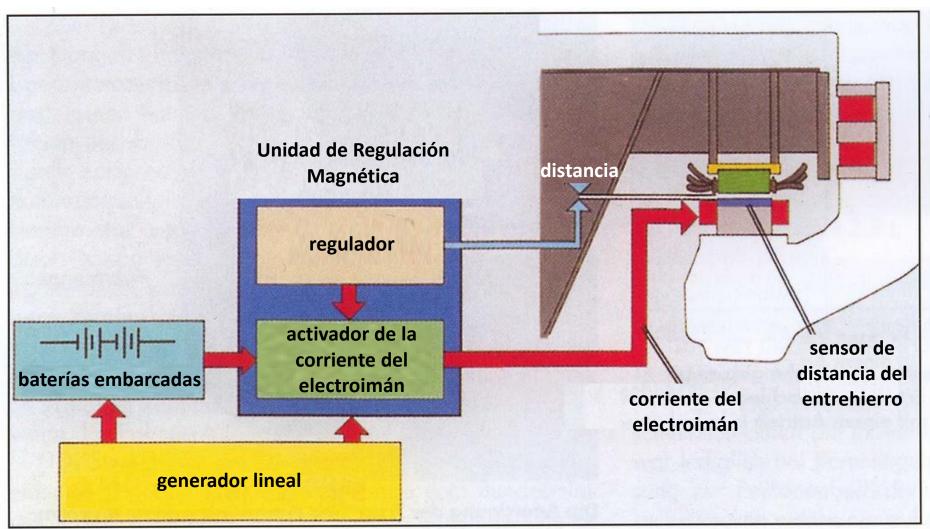
Inaugurada en 1997

## Levitación Electromagnética (EMS): el Transrapid

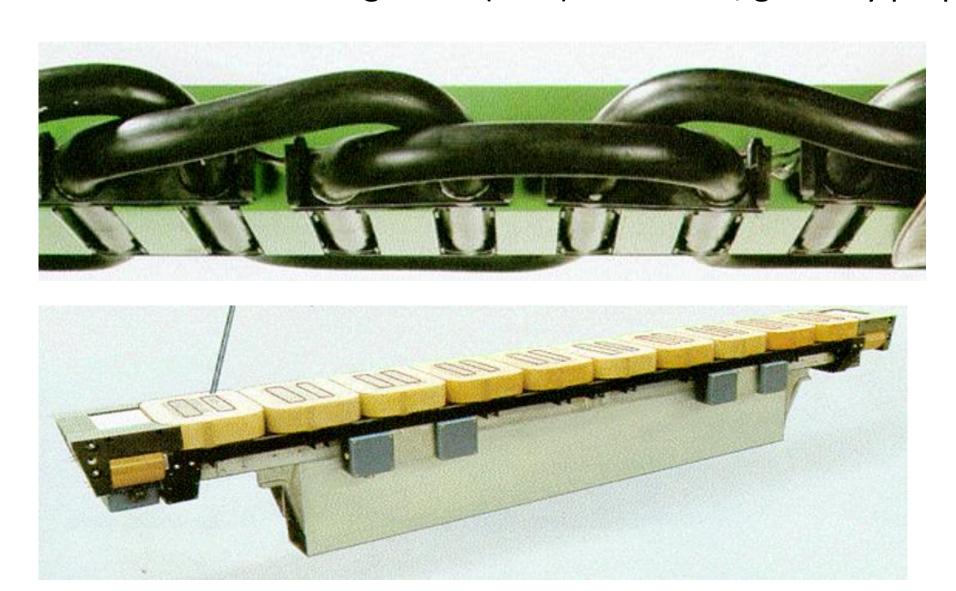


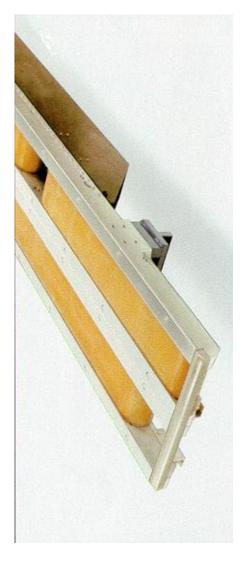






- Distancia constante de 10 mm
- Sensor de distancia de 50 kHz
- En función de la distancia
  - < 10 mm: sin corriente (OFF)</li>
  - > 10 mm: con corriente (ON)

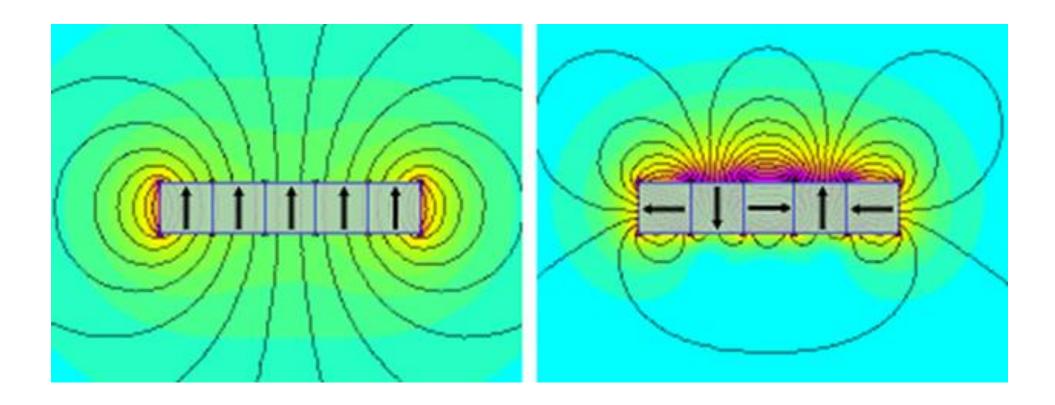




#### Levitación Electromagnética (EMS): características principales

- No se utilizan superconductores, todos los electroimanes están a temperatura ambiente, aunque consumen energía embarcada (baterías)
- Los campos magnéticos generados están muy concentrados y no son intensos, no llegan a interferir con sistemas electrónicos no protegidos
- El vehículo levita en parado, desde 0 km/h, a 10 mm del estator
- La levitación se mantiene en peraltes y pendientes extremos (ascensores)
- Los vehículos no acoplados circulan síncronos con la frecuencia trifásica del motor lineal, sin posibilidad de alcances
- Es el único sistema de alta velocidad (430 km/h) en explotación comercial desde diciembre del año 2003, superando ya los 50 millones de viajeros el 5 de septiembre de 2017

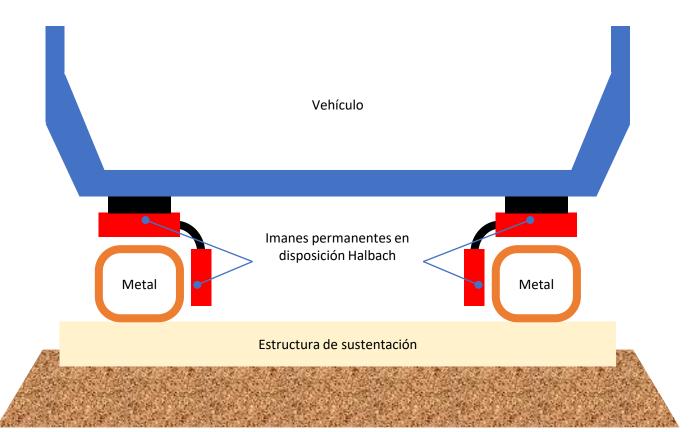
#### Levitación Pasiva: super imanes permanentes y la matriz Halbach



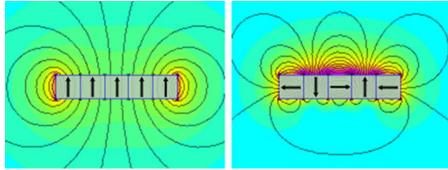
Con imanes permanentes de neodimio orientados según una matriz de Halbach se consigue un campo magnético muy potente concentrado en un solo lado de la matriz, generando con el movimiento una fuerte reacción de repulsión sobre superficies metálicas (por ejemplo, aluminio) debido a las corrientes de Foucault inducidas

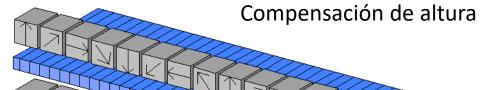
#### Sistema Inductrack de Levitación Pasiva

Levitación Pasiva (Inductrack™)



#### Disposición Halbach





## Vehículos de levitación: prototipos en China



#### ¿Qué ventajas tiene la levitación magnética?

- No hay rozamiento ni pérdidas de energía en la rodadura
- No hay desgaste, el mantenimiento es más económico
- La potencia se aporta desde la vía, no está en el vehículo
- Velocidad máxima limitada sólo por la resistencia al avance aerodinámica
- Capacidad de aceleración sólo limitada por la potencia disponible y el confort de los viajeros, independientemente de la velocidad
- Capacidad de superar pendientes sólo limitada por la potencia disponible y el confort de los viajeros
- Radios de curvatura muy inferiores con posibilidad de peraltes extremos limitados por el confort de los viajeros
- Automatización total, no se precisa conductor ni maquinista



#### ¿Qué ha lastrado hasta ahora su desarrollo?

- El sistema es totalmente nuevo y disruptivo
  - Grandes costes de desarrollo
  - Incompatibilidad con los sistemas existentes (y con los sistemas en desarrollo)
  - Competencia con tecnologías muy arraigadas (alta velocidad ferroviaria)
- En Japón la sistemática de desarrollo es muy minuciosa (y lenta)
- En Alemania no se apostó políticamente por una instalación de referencia europea como hubiera sido la línea del aeropuerto de Múnich
- La tecnología electrónica ha registrado un avance vertiginoso, tanto en electrónica de potencia como a nivel informático (riesgo de obsolescencia)
- El accidente de Lathen (Alemania) no contribuyó a ganar confianza
- Thyssen Krupp y Siemens abandonaron el desarrollo del Transrapid

## ¿Tiene futuro el transporte de levitación magnética?

- Sus características merecen ser investigadas en profundidad
  - Si se disminuye la resistencia al avance, haciendo circular los vehículos en un vacío parcial dentro de un tubo con parámetros razonables (presión, diámetro, etc.)
  - Si se simplifica la alimentación eléctrica con los últimos avances tecnológicos en materia de electrónica de potencia y capacidad de computación
  - Si se garantiza la seguridad a nivel fail safe ferroviario (SIL 4)
- El objetivo es alcanzar una velocidad en el entorno de los 1.000 km/h con una potencia razonable alrededor de 12 MW y tramos de aceleración reforzados y/o compensados con potencias de frenado simultáneas
- Esos parámetros permiten prever unos volúmenes de inversión totalmente equiparables (incluso inferiores) a líneas de alta velocidad de 350 km/h
- No se trata de sustituir las líneas de AV existentes, sino de complementarlas (ej. París-Lyon ya saturada) o de crear una alternativa a vuelos domésticos

¡Muchas gracias por su atención ... ... y buen vuelo!

