

LEVITACIÓN MAGNÉTICA

El Sistema de Transporte del Futuro

Danilo Rairan*
 drairan@hotmail.com
 drairan@col1.telecom.com.co

Este artículo presenta un recuento de las principales ventajas y desventajas de los sistemas tradicionales de transporte con base en energía eléctrica y muestra como los sistemas que utilizan la levitación magnética son el futuro del transporte en el próximo siglo. Adicionalmente, presenta el principio físico de funcionamiento de los dos principales sistemas desarrollados en la actualidad e invita a los lectores para que presenten más ideas de investigación y desarrollos en el área.

This paper both summarizes the principal advantages and disadvantages of traditional transportation systems which are mobilized by electrical energy, and shows how magnetic levitation systems are the future of transportation in the next century. Additionally, this paper shows the physical principles of the function of the two main systems, which have actually been developed. The reader is invited to further develop and investigate these systems.

A través del tiempo el hombre ha utilizado herramientas para facilitar el desarrollo de su especie. Luego que estas y sus actividades se fueron haciendo más complejas, se necesitaron máquinas que reemplazaron o extendieron las posibilidades humanas, para funciones tales como levantar pesos, cortar y transportar. El transporte forma parte de las actividades humanas desde siempre y ha mejorado a través de la historia; así, se ha evolucionado desde el uso de animales hasta la invención de transbordadores espaciales, que tal vez en algún momento nos lleven fuera de este planeta.

En cuanto al transporte terrestre, en épocas cercanas a la nuestra (siglos pasado y presente) puede verse un desarrollo vertiginoso apoyado por la revolución industrial y el advenimiento de nuevas maneras de pensar y enfrentar la tecnología; se observa cómo se han explorado y desarrollado posibilidades como la implementación de máquinas con base en minerales altamente energéticos como el carbón (en el caso del tren), el uso del combustible fósil (petróleo), recientemente se está popularizando el uso del gas y, claro está, la electricidad.

Desde mediados de este siglo se ha hecho interesante e importante la opción de implementar sistemas de transporte con base en electricidad por dos razones: de una parte debido a la crisis de los precios del petróleo presentada en los años 70 y, de otra, a la concientización masiva o cultural-ambiental que aflora en las generaciones actuales, haciendo que de manera esforzada se busquen alternativas al uso de los derivados del petróleo. Además de las dos razones expuestas está la innegable amenaza de que en algún momento del próximo siglo

* Ingeniero Electricista Universidad Nacional de Colombia, Docente de la Facultad Tecnológica de la Universidad Distrital a partir de 1996. Investigador de Levitación Magnética.

se vean agotadas las reservas mundiales del petróleo.

Quizás las ventajas más importantes del uso de energía eléctrica para sistemas de transporte de cualquier tipo son:

- La contaminación generada por la transformación de energía no se produce en el sitio de utilización sino en un sitio centralizado como una hidroeléctrica, planta térmica o nuclear. Por esta razón es más sencilla la implementación de planes de manejo ambiental, prevención y regulación de desastres, la minimización y el seguimiento de niveles de contaminantes de aire, agua y suelo.
- Relacionada con la ventaja anterior, no existen emisiones de gases tóxicos o contaminantes en el sitio de uso de la energía, creando o facilitando tener ambientes más puros para el desarrollo, no sólo de la vida humana sino del resto de la naturaleza¹.
- Los niveles de ruido son inferiores a cualquier otro sistema de transporte terrestre, siendo de esta manera un sistema más confortable.

Obviamente no todas las circunstancias son favorables. El uso de energía eléctrica en transporte tiene algunos inconvenientes y limitaciones que no han permitido la popularización o implementación masiva de transporte con esta base; algunas de ellas son:

- Las velocidades conseguidas hasta ahora no se acercan a las posibilidades de transporte que alcanzan otros combustibles
- La capacidad de carga en la mayoría de los casos es muy pequeña comparada con la de otras formas de transporte
- El tiempo de autonomía, es decir, el tiempo en que el vehículo funciona sin necesidad de recargar baterías o de suministro de nueva energía, es bastante corto comparado con otras posibilidades.

Tratando de superar estos obstáculos la tecnología actual permite distinguir cuatro formas o usos de energía eléctrica para el transporte, así:



Figura 1. Vehículo Solar "Calpoly Pomona Solar Car" Peso 200 Kg



Figura 2. Uso de Baterías "General Motors Impact"
Velocidad 180 M/h, Autonomía 250 Millas

1. Diseño de vehículos que trabajen con base en energía solar convertida a energía eléctrica. Un ejemplo de este desarrollo lo constituye el "CalPoly Pomona Solar Car (California Polytecnic)"² mostrado en la Figura 1, el cual presenta inconvenientes de acumulación de energía, velocidad y capacidad de carga.
2. Desarrollo de baterías y de centros donde éstas se puedan recargar. Al respecto se pueden encontrar desarrollos tan significativos como por ejemplo el GM Impact EV³ en la Figura 2.
3. Uso de vehículos que presentan un sistema híbrido de alimentación energética, es decir, que

1. "Environmental Briefing, Electric Transport and the Urban Environmental" www.electricity.org.uk/uk_inde/viron/env_24.html
 2. "Alternative Fuel Vehicles... they're in your future". www.energy.ca.gov/education/Evs/EV-html/Evs.html
 3. Ibid.

- combinan (por ejemplo) la potencialidad del gas o de los derivados del petróleo con las ventajas en el uso de la energía eléctrica. Esta alternativa se está haciendo cada vez más común.
- Utilización del Sistema MagLev. El autor considera que debido a la importancia y ventajas comparativas con otros sistemas de transporte, éste será lo que se puede llamar "el sistema de transporte masivo de pasajeros para el próximo siglo".

El Sistema MagLev

Se conoce como MagLev a cualquier sistema de transporte que utilice como principio de funcionamiento la "levitación magnética". Desde principios de los años sesenta se vienen haciendo desarrollos que hoy permiten afirmar que éste se constituye en el sistema de transporte más económico, eficiente, ecológico y rápido de la actualidad.

Un estudio desarrollado en Alemania⁴ muestra cómo comparativamente es más económico el transporte con base en electricidad que el transporte en avión o en automotores normales. Es eficiente porque reduce casi a cero las pérdidas mecánicas dejándolas prácticamente en el valor de pérdidas debido a la fricción con el viento⁵; ecológico porque las emisiones y otros contaminantes se ven reducidos al mínimo; rápido porque se están logrando velocidades cercanas a los 600 km/h. Los dos desarrollos más significativos son el de Japón y Alemania; imágenes y características de estos trenes se dan en las Figuras 3 y 4.

Con el ánimo de que los lectores se involucren en el tema desde las diferentes perspectivas que da la formación académica, se presentará a continuación el principio de funcionamiento para los sistemas MagLev. El mundo y particularmente nuestro país debe poner atención en las inmensas posibilidades que éste posee para transporte, por lo cual es importante la sustentación física o por lo menos descriptiva de lo que sucede.

El sistema completo está compuesto por dos partes principales que son: el vehículo o tren y la pista o

Desde principios de los años sesenta se vienen haciendo desarrollos que hoy permiten afirmar que el sistema MagLev se constituye en el sistema de transporte más económico, eficiente, ecológico y rápido de la actualidad.

vía. A su vez ellos están compuestos por tres subsistemas, que son: subsistema de propulsión, subsistema de levitación y subsistema de estabilización. Todas las partes utilizan las propiedades magnéticas que presentan algunos materiales con el fin de generar fuerza para el desarrollo de trabajo necesario a su vez para generar un movimiento.

Propulsión

Una manera sencilla de entender el sistema de propulsión es imaginarnos un par de imanes, con los cuales seguramente muchos de nosotros hemos jugado; tal vez incluso alguno puso uno bajo una hoja y otro sobre ella. Para determinada polaridad, el imán en la parte superior sigue el recorrido que está haciendo el imán de la parte inferior sin tener ningún tipo de contacto físico entre los dos. Este es el principio que se utiliza en muchas de las máquinas eléctricas para generar movimiento, particularmente en los motores. El motor está constituido por un rotor (parte giratoria) y un estator (parte fija), en este caso el estator es equivalente al imán en la parte inferior de la hoja y el rotor al imán de la parte superior de ésta. En el estator se crea un campo magnético que gira alrededor de sí mismo; lo que hace el rotor es tratar de seguirlo.

4. "The Magnetic Levitation Train and MVP" <http://www.mvp.de/english.html>

5. En suiza se plantea hacer un tren subterráneo que incluye bombas de vacío para reducir aún más las pérdidas



Figura 3. Maglev Alemán
Velocidad 450 K/h, Recorrido 31.5 Km,
Peso 350 Tons, Largo 150 m.



Figura 4. Maglev Japonés
Velocidad 600 K/h, Largo 77 m. Recorrido 43 Km.

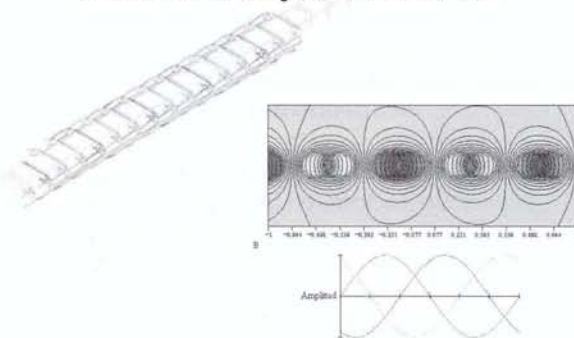


Figura 5. Sistema Alemán. Devanado Trifásico formando un campo magnético bipolar que se desplaza a lo largo de la pista, sobre la cual se montará un campo constante del vehículo o tren.

Ahora, si se utiliza este mismo principio pero ya no para movimientos rotacionales sino para movimientos lineales, se tendrá una parte importante del sistema MagLev: la propulsión. Para imaginarlo de alguna manera es como estirar el estator y ponerlo en forma de riel. En este caso el estator se convierte en la pista y el rotor es el tren, porque trata de seguir un campo magnético generado en la pista.

El caso alemán utiliza para la propulsión el mismo principio de funcionamiento de una máquina sincrónica, es decir, la combinación de tres campos alternos en la pista formando uno sólo que se desplaza en un sentido u otro dependiendo de la secuencia de las fases como muestra la Figura 5. En el tren existe un campo continuo que seguirá el movimiento de la onda generada en la pista; de esta manera se obtiene la propulsión.

En el sistema japonés se produce el movimiento utilizando circuitos electrónicos que actúan como circuitos de activación e inversión de polaridad sobre electroimanes ubicados en las paredes. La secuencia de activación, inversión y desactivación es tal que hará que el tren o vehículo se mueva en un sentido u otro⁶ (ver Figura 6).

Levitación

Al igual que en la propulsión, imaginaremos un par de imanes, pero esta vez ubicados de manera que se enfrenten polaridades iguales, ¿qué ocurre? Es claro que tratarán de repelerse, es decir, aparece entre los dos una fuerza que hace que los imanes se intenten separar. Este es el principio básico; lo que se hace entonces es construir electroimanes (imanes controlados eléctricamente) en la pista y en el tren, con polaridades que permitan desarrollar el principio expuesto, como se ve en la Figura 7.

Otra forma es utilizando diferentes polaridades en los electroimanes, es decir, que se genere una fuerza de atracción y no de repulsión como en el caso de los que tienen la misma polaridad, pero puesta de forma estratégica, para que la fuerza de atracción haga que el vehículo se levante y trate de unirse a la pista. En este caso es importante controlar la

6. Principle of Maglev www.rtri.or.jp/rd/maglev/html/english/maglev_principle_E.html

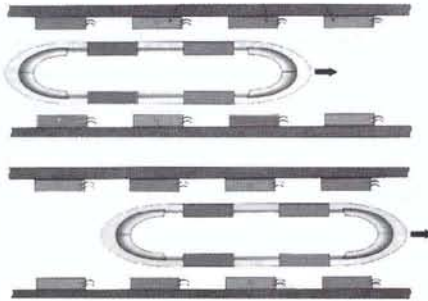


Figura 6. Sistema Japonés. La inversión de polaridad en los electroimanes de la pared interactuando con los imanes superconductores crean el movimiento del vehículo.

fuerza que tienen estos imanes para que nunca lleguen a unirse; solamente que se acerquen una distancia prudente, que para la mayoría de los casos son pocos centímetros o incluso fracciones de centímetro, como muestra la Figura 8.

Los nombres que reciben los dos sistemas descritos son precisamente levitación por repulsión o EDS (Electrodinamic Suspension) y levitación por atracción o EMS (Electromagnetic Suspension). El primer método ha sido ampliamente desarrollado por los japoneses mediante el uso de materiales superconductores; estos permiten la generación de campos grandes. El segundo es desarrollado principalmente en Alemania con el uso, en este caso, de electroimanes de grandes proporciones.

Estabilización

La levitación es un proceso con demasiada inestabilidad. Recordando el ejemplo con los imanes, podrán imaginar cómo al tratar de acercarse dos imanes con polaridades iguales lo que ocurre es que aparece una fuerza que trata de evitarlo; esta fuerza es magnética y actúa de tal forma que hará que un imán se desvíe de su dirección original para generar en cierta forma el efecto de "botar" el imán.

Por esta razón se hace necesario implementar adicionalmente otro subsistema que no permita que el tren trate de desviarse de su vía, esto se logra por medio de los mismos electroimanes de propulsión en el caso japonés, y con otro conjunto

de electroimanes en el caso alemán. Para el primero (el japonés) en el momento en que el tren trate de desviarse hacia una pared hará que se aleje de un grupo de electroimanes y que se acerque a los que están en la otra pared. En este momento el tren experimentará una fuerza de repulsión mayor en el lado que está más cercano, precisamente por la cercanía, y una fuerza de repulsión menor con respecto a la otra pared de manera que tienda a buscar nuevamente un punto de equilibrio, justamente el centro de la pista, ver figuras 9 y 10.

El principio alemán guarda alguna relación con el caso japonés, pero el trabajo de estabilización se hace independiente de los imanes de propulsión, es decir, son electroimanes diferentes a propulsión o levitación los que producen este efecto en el vehículo, ver figuras 11 y 12.

Adicionalmente, MagLev posee sistemas de seguridad que permiten que en el caso de que la desviación supere las posibilidades de estabilización de los imanes encargados, pueda rodar por guías establecidas para tal fin.

Reflexiones Finales

- En Colombia es posible tomar el ejemplo americano en cuanto a la forma como se motiva a los jóvenes para que desarrollen ideas y propuestas en el área, con el propósito de que hayan futuras implementaciones. Pueden tomarse trabajos independientes en las diferentes universidades y colegios de acuerdo con el nivel y especialidad, de tal manera que se concurre por el mejor proyecto, con incentivos como son el pago de dinero o el hecho de implementar la idea dentro de lo que sería el MagLev de la región.
- Desarrollos de este tipo requieren no sólo de expertos o doctores en física, ingeniería eléctrica y mecánica, sino que obligan a la participación de todas las ramas del saber, conjugadas con el propósito común de establecer la viabilidad y la forma en que sería aplicable este sistema, por lo que se puede decir con toda tranquilidad que "hay trabajo para todos".

7. How MagLev Vehicles Float www.epri.com/EPRI_Journal/jan_feb97/21.html

8. Magnetic Levitation Vehicles. www.kyrene.k12.az.us/itech/amsitech/activites/maglev.html

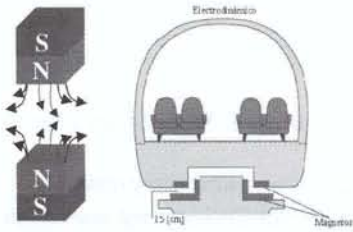


Figura 7. Sistema Japonés. Levitación por repulsión. Este sistema permite hasta 15 cm de distancia entre la pista y el tren.

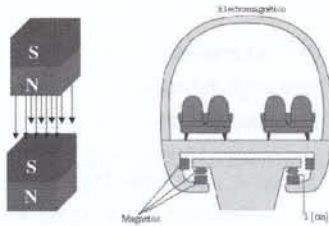


Figura 8. Sistema Alemán. Levitación por atracción. Este sistema permite 1 cm de distancia entre el vehículo y la pista, se forma creando dos polaridades contrarios.

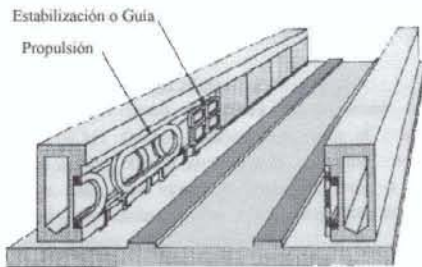


Figura 9. Sistema Japonés. Subsistema de estabilización y propulsión

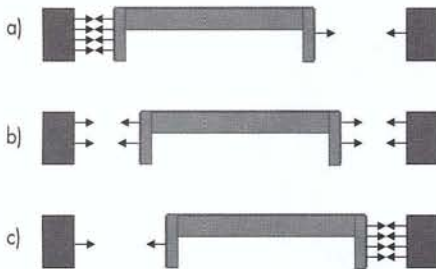


Figura 10. Sistema Japonés de estabilización. a) Si el vehículo se acerca mucho al lado izquierdo experimentará una fuerza de repulsión que lo alejará del lado izquierdo y lo acercará al derecho. b) En este caso la fuerza es mínima o no existe. c) Cuando el vehículo se desplaza demasiado hacia la derecha experimentará una fuerza muy pequeña en el lado izquierdo y grande en el lado derecho de manera que tratará de estar nuevamente en la posición de equilibrio.

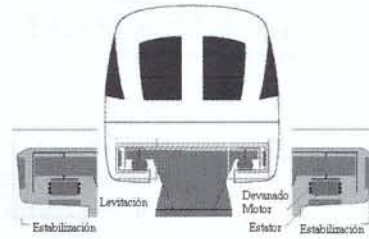


Figura 11. Sistema Alemán. Se presentan los tres Subsistemas, es decir, propulsión, levitación y Estabilización.

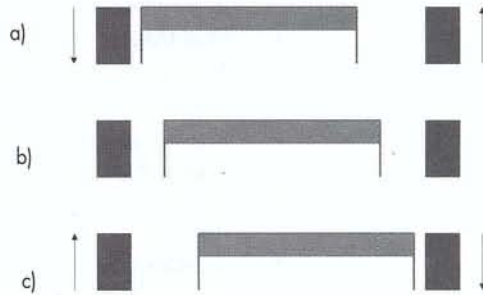


Figura 12. Sistema Alemán de estabilización a) Cuando el vehículo está cerca de la pared izquierda baja la corriente del electroimán en esa posición y aumenta la del otro para estabilizar. b) Si el vehículo está en el centro la estabilización actúa de manera equilibrada. c) Si el vehículo está a la derecha sube el nivel de corriente en el electroimán de la izquierda para aumentar la fuerza de atracción y así estabilizar

- En el ámbito nacional se han iniciado desarrollos preliminares acerca de la utilización del magnetismo para prototipos iniciales de bandas de transporte, a manera de maqueta. En ellos se ha mostrado tímidamente, tal vez por falta de recursos y patrocinio en algunos casos, las ventajas del sistema y la potencialidad nuestra para desarrollar e implementar el sistema. Son de anotar los proyectos hechos por la Universidad de la Salle con trabajos de grado en Ingeniería Eléctrica encaminados a generar alternativas de desarrollo para el sistema y de la Facultad Tecnológica de la Universidad Distrital con un proyecto de investigación a desarrollar durante dos años a partir de Febrero de 1999; éste tiene como objetivo final diseñar y construir un prototipo de banda transportadora para aplicación industrial que use como principio de funcionamiento la levitación magnética .

9. "Construcción de un prototipo de banda transportadora con accionamiento magnético para aplicación industrial" <http://www.cidc.udistrital.edu.co/proyectos/tecnologica/drairan/prototipo/index.htm>

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alternative Fuel Vehicles... They're In Your Future. www.energy.ca.gov/education/Evs/EV-html/Evs.html.
- History of Electric Vehicles. www.energy.ca.gov/atvs/ev/evhistory.html.
- Enviromental Briefing, Electric Transport and the Urban Enviromental. www.electricity.org.uk/uk_inde/viron/env_24.html.
- The Magnetic Levitation Train and MVP. www.mvp.de/english.html.
- Schwerpunkte von Forschung und Entwicklung bei Thyseen Stahl. www.maglev.com/english/technik/i_tech.htm.
- How Maglev Vehicles Float. www.epri.com/EPRI_Journal/jan_feb97/21.html.
- Principle of Maglev. www.rtri.or.jp/rd/maglev/html/english/maglev_principle_E.html.
- Magnetic Levitation Vehicles. www.kyrene.k12.us/itech/amsitech/activites/maglev.html.
- Kazuo Sawada, Development of Magentically Levittated High Speed Transport System in Japan. IEEE Transactions on Magnetics, Vol 32. N° 4, July 1996, Pg 2230-2234.
- Braun, John, Under the Alps by magnetism. New Scientist ISSN: 0262-4079. Vol: 142 mayo 14 de 1994, Pg 12-13.
- Construcción de un prototipo de banda transportadora con accionamiento magnético para aplicación industrial <http://www.cidc.udistrital.edu.co/proyectos/tecnologica/drairan/prototipo/index.htm>.
- Danilo Rairan. Levitación Magnética, Sistema Alemán, Mundo Eléctrico Colombiano N° 34 Febrero 1999. Pg 91-93.
- Timothy J. Maloney, Electrónica Industrial Moderna. Prentice Hall, Tercera Edición 1997.

