

Treball final de grau

Estudi: Grau en Enginyeria Elèctrica

Títol: Estudi tècnic i energètic dels sistemes emprats en trens de levitació magnètica

Document: Resum

Alumne: Neus Ferrer Torres

Tutor: Joaquim Armengol Llobet
Departament: Enginyeria Elèctrica, Electrònica i Automàtica
Àrea: Enginyeria de Sistemes i Automàtica

Convocatòria (mes/any): juny / 2020

ÍNDEX

1 INTRODUCCIÓ	2
2 TÈCNIQUES DELS TRENS DE MAGLEV I ANÀLISIS COMPARATIU.....	3
3 PROTOTIPS DE LEVITACIÓ MAGNÈTICA PER ATRACCIÓ I REPULSIÓ.....	5
4 CONCLUSIONS	6

1 INTRODUCCIÓ

L'esgotament d'energies no renovables, la contaminació mediambiental i la necessitat de mobilitat social, requereix la reducció de vehicles privats mitjançant estratègies d'eficiència en el transport públic. Des de la seva invenció, un exponent dels mitjans de transport més eficients ha estat el tren. Per augmentar la velocitat tot mantenint el rendiment, darrerament han aparegut trens de levitació magnètica, anomenats trens Maglev, que permeten el desplaçament amb poques pèrdues, ja que les úniques forces de fricció a vèncer són les aerodinàmiques tant en el frontal del tren, com sobretot en les seves parets laterals, provocades per la viscositat de l'aire. Els Maglev poden assolir velocitats comparables a les dels avions amb molt menys consum energètic i sense cremar combustibles sòlids. A més, requereixen baixes despeses de manteniment ja que no desgasten per fricció ni rodes, ni vies, ni mecanismes de transmissió; minimitzen el soroll i el perill de descarrilar però, això sí, requereixen una inversió elevada en la seva infraestructura. La complexitat en l'estudi de les seves tecnologies recau en el fet que cada model és diferent ja que utilitza una combinació específica dels sistemes utilitzats en la levitació, propulsió, centratge a la guia, sumat al fet que és un terreny en plena expansió on les tecnologies són de caire reservat.

L'objecte del projecte és principalment l'estudi de les tècniques de levitació i la seva compatibilitat amb la propulsió i centratge dels Maglev. També s'elabora una comparativa dels consums energètics entre els principals transports tradicionals. Finalment es realitza i s'analitzen dos prototips de levitació que utilitzin tècniques similars. Es parteix del fet de mantenir suspès un objecte en l'aire no li provoca cap increment d'energia potencial i, per tant, requereix una aportació mínima d'energia als electroimants que només es transforma en pèrdues. Cal remarcar que pràcticament la totalitat del consum energètic dels Maglev recau en la seva propulsió.

Per tant, en la primera part del projecte es realitza un estudi previ dels materials magnètics, de l'electromagnetisme, del seu gran rendiment en la transmissió energètica, de les seves pèrdues i de les forces resultants que un electroimant pot aplicar a un material ferromagnètic. També s'inclou un estudi comparatiu de totes les tècniques i els consums energètics de diferents Maglev, tant els ja implementats com els que estan en fase de proves, i es comparen els resultats d'aquests consums amb els dels altres mitjans de transport freqüents i n'extreu una sèrie de conclusions. A més, es realitzaran prototips de diversos sistemes de levitació emprats en els trens Maglev, amb els respectius estudis comparatius de potència consumida i d'estabilitat en funció de pertorbacions i canvis de massa.

2 TÈCNiques DELS TRENS DE MAGLEV I ANÀLISIS COMPARATIU

A partir de la informació obtinguda a través de múltiples publicacions i estudis tècnics parcials en publicacions de revistes tècniques, aquest projecte aconsegueix condensar totes les diverses tècniques dels models Maglev, mostrades a la Figura 1, que actualment estan en funcionament o bé que estan en fase de disseny i prova. S'ha estudiat tècnicament i amb relativa profunditat cada una d'aquestes tècniques concretes i finalment s'ha aconseguit una comparativa amb els avantatges i inconvenients de cada una d'elles.

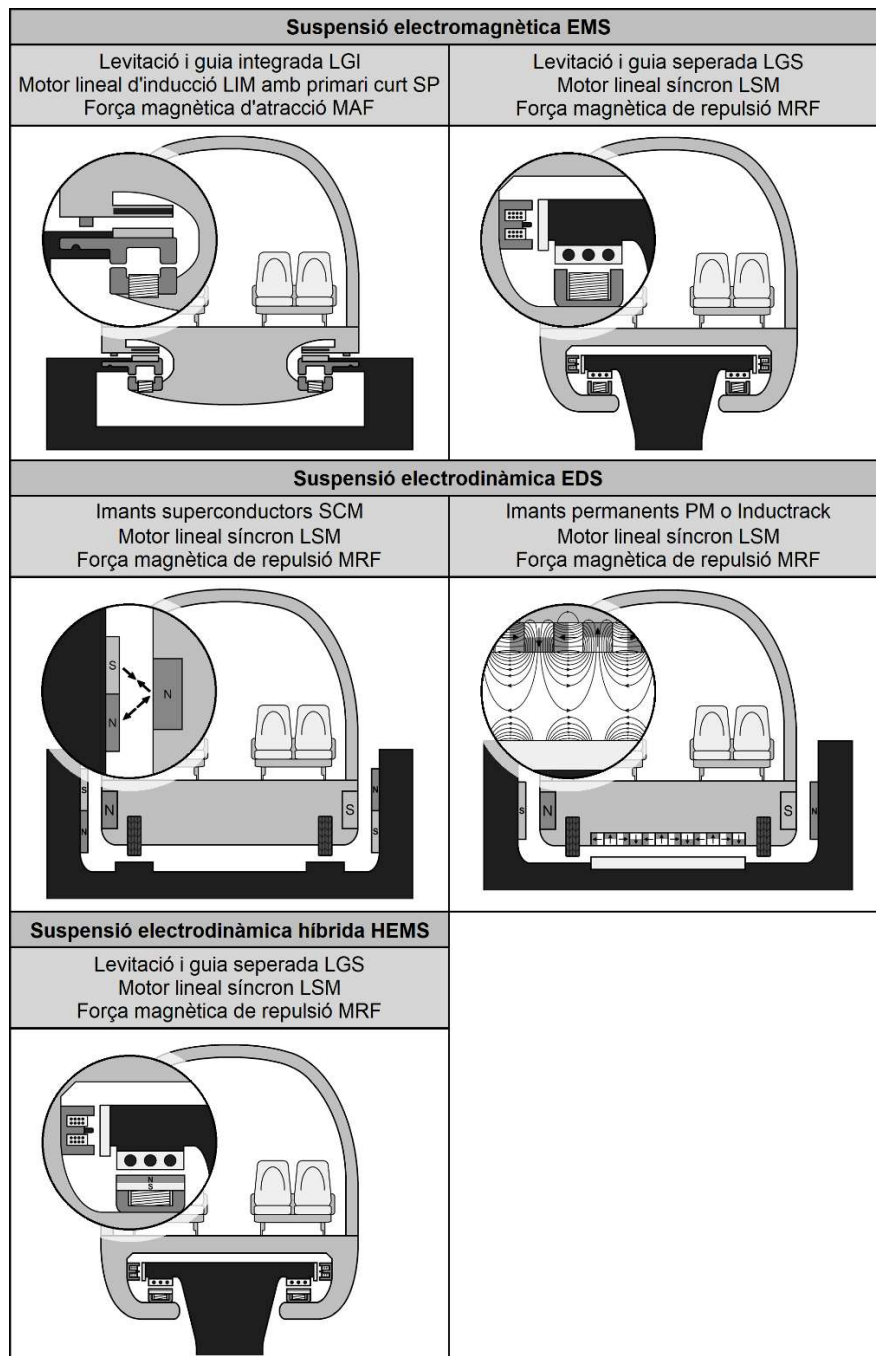


Figura 1. Tècniques aplicades als trens Maglev

Com a resultat de l'estudi energètic comparatiu de tots els mitjans de transport, a la Figura 2 s'observa que els Maglev d'alta velocitat tenen un rendiment lleugerament inferior als trens convencionals, no obstant, poden circular a velocitats comparables a les dels avions, amb un consum per viatger inferior a una cinquena part que el consum d'un avió. Això demostra que els trens Maglev són una alternativa molt més recomanable a l'avió en trajectes intercontinentals de llargues distàncies. Si es compara amb un automòbil, el consum d'un Maglev representa menys d'una quarta part.

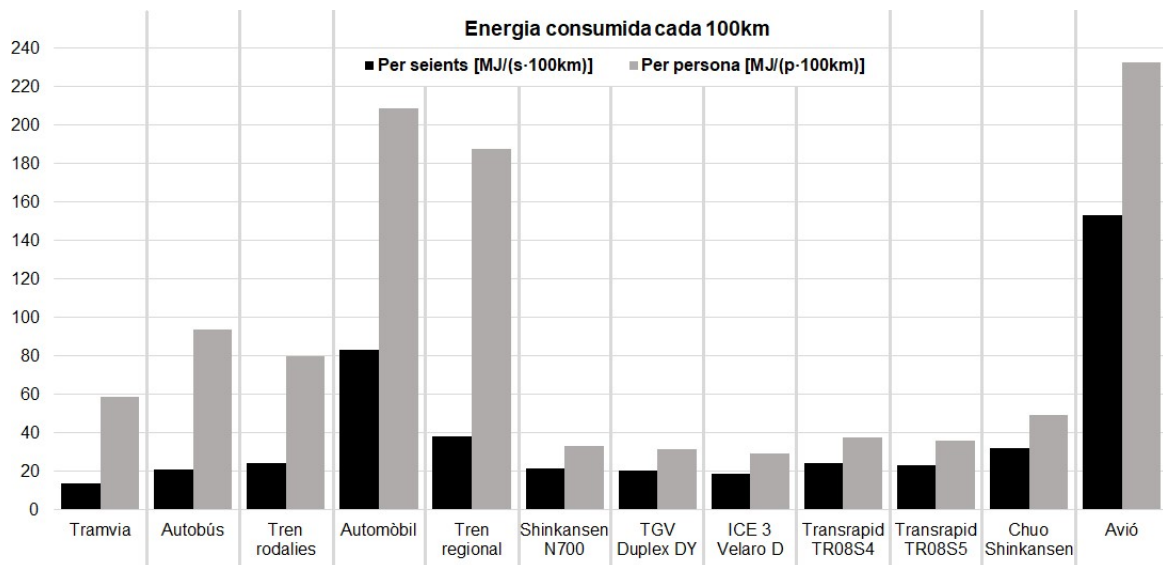


Figura 2. Energia consumida per seient i per persona cada 100km per diferents mitjans de transport

El fet que a la gràfica comparativa s'introdueixin les columnes de consum per seient i consum per passatger, implica treure a la llum la següent reflexió: són les polítiques dels diferents estats els que han de promocionar el transport públic, per tal de fer un món més sostenible. Cal entendre per sostenibilitat tres aspectes: l'econòmic, ja que tal com es demostra al projecte els mitjans de transport públic requereixen el consum energètic més baix per seient; el social, ja que la capacitat de desplaçar-se ha d'estar a l'abast de qualsevol persona, sense tenir la necessitat d'adquirir i conservar vehicles propis; i per suposat, el mediambiental, doncs és evident que un dels mitjans de transport més contaminants, ja que consumeix querosè, i menys eficients en el transport, és l'avió. Amb un consum que assoleix els 6,7 litres de gasolina per persona cada 100km i tenint en compte que el querosè té un poder calorífic pràcticament idèntic que la gasolina, representen també 6,7 litres de querosè cremats a l'atmosfera mitjançant els turboreactors dels avions. Un avió estàndard de passatgers com el JET A, assoleix velocitats al voltant dels 900km/h, que només justifica la diferència de consums respecte els trens Maglev, pel fet de que els trens no poden travessar els oceans.

3 PROTOTIPS DE LEVITACIÓ MAGNÈTICA PER ATRACCIÓ I REPULSIÓ

A la Figura 3 es veuen representats sistemes de levitació estàtica per atracció i per repulsió, equivalents als utilitzats en els trens Maglev EMS i EDS respectivament.

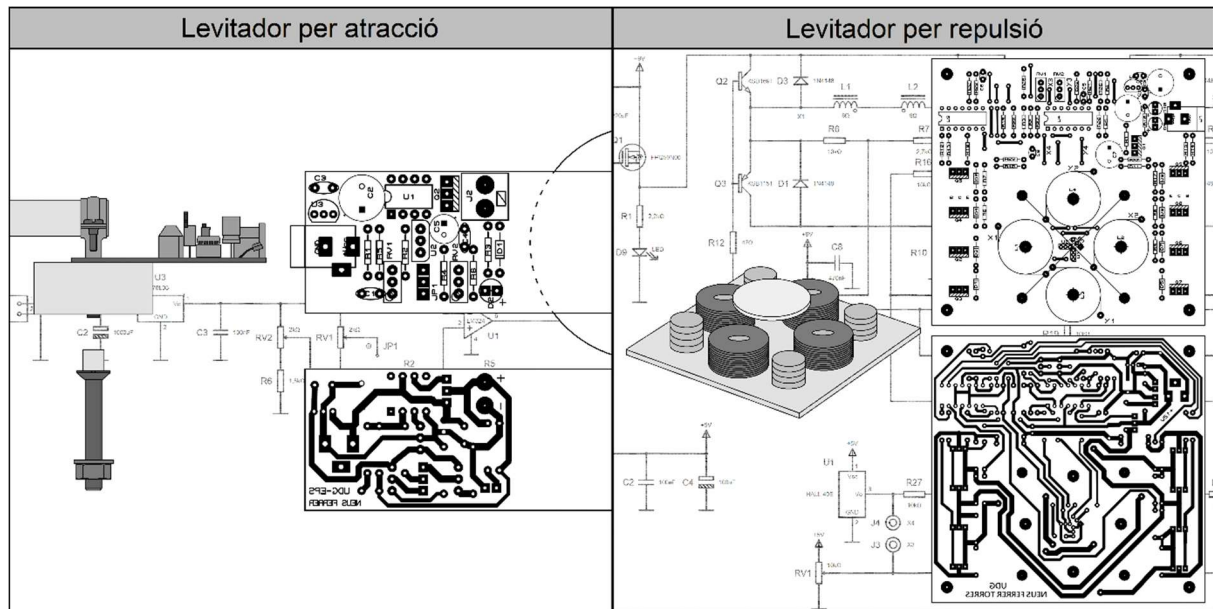


Figura 3. Levitador per atracció i per repulsió

En la realització i anàlisi dels dos sistemes de levitació, s'ha observat que tot i que el resultat pugui ser sorprenent, donat que l'entreferro aconseguir en els dos sistemes és més elevat que l'entreferro nominal dels trens que utilitzen el sistema de suspensió electromagnètica, també s'ha comprovat que l'estabilitat en els prototips deixa molt a desitjar. Per tant, en els sistemes Maglev, els paràmetres dels trams a controlar i l'efecte de les seves respectives cadenes de realimentació ha de ser molt més complex i acurat.

Dels dos sistemes de levitació incorporats en el projecte, el més complex i espectacular és el que és capaç de sostenir el levitador a l'aire, actuant per repulsió des d'una base inferior. S'ha comprovat que la inestabilitat intrínseca que suposa la levitació per repulsió, requereix controlar els tres eixos a l'espai. Aquest fet ha comportat un disseny de circuit molt més complex. No obstant, els resultats en quan a magnituds de massa que pot suportar han sigut molt més satisfactoris ja que, si bé el sistema no té gaire tolerància en front a les pertorbacions, sí que en té en quan a la possibilitat de suportar un bon rang de masses.

4 CONCLUSIONS

Condensar en un sol document tota la informació de les diferents tècniques del trens de levitació magnètica, pel que fa el sistema de levitació, el de propulsió, el de guia i el de transferència energètica, i poder comparar de forma clara totes les seves combinacions, ha estat una tasca complexa degut sobretot a dos aspectes: el fet que molts d'aquests models encara estan en fase de disseny i l'elevat nivell de confidencialitat pel que fa a les tecnologies que estan en fase de desenvolupament per les empreses responsables dels dissenys.

L'eficiència energètica de l'electromagnetisme en quan a la conversió d'energia elèctrica a energia magnètica i de magnètica a mecànica, és molt elevada, de l'ordre del 95%. Com totes les màquines d'elevat rendiment, aquesta conversió és reversible amb el mateix rendiment. Les úniques pèrdues que intervenen en aquestes conversions són les d'efecte Joule dels bobinats, l'energia perduda per Histèresis, pels corrents paràsits de Foucault i pel flux de dispersió que hi pugui haver sobretot al tren. Així, a diferència dels motors elèctrics on també hi intervé l'energia mecànica perduda en els elements de transmissió d'energia rotativa a energia lineal, aquestes pèrdues ara desapareixen. Es pot concloure que el balanç de pèrdues energètiques en un tren Maglev és similar al d'un transformador, aconseguint una màquina dinàmica a partir de les pèrdues d'una màquina estàtica com és el transformador. També cal tenir en compte que l'energia consumida per la levitació i el centratge és negligible respecte a l'energia requerida per la propulsió. Fins i tot, en alguns casos com el Inductrack, l'energia de levitació és pràcticament nul·la sinó fos perquè quan les línies de força dels imants permanents inferiors, tallen les vies, també frenen lleugerament el tren.

El fet que l'energia consumida, tant en els trens Maglev com en els trens convencionals sigui elèctrica, pot suposar un altre gran avantatge, ja que l'energia elèctrica és una energia de per sí neta, tant pel que fa el transport com pel que fa la seva conversió a mecànica. No obstant, cal tenir en compte també el sistema de producció d'aquesta energia en les centrals elèctriques, doncs si es produeix a partir de centrals tèrmiques, igualment han de cremar combustibles sòlids per produir-la. Tot i que les centrals tèrmiques actuals de cicle combinat tinguin rendiments molt elevats, tot combinant varies turbines de gas amb turbines de vapor, aquests rendiments, pel segon principi de la termodinàmica, no superen el 60%. Per tant, els governs tenen dues tasques: una, l'anteriorment mencionada de promocionar el transport públic, fent-lo més econòmic i complet en els diferents trams i diferents franges horàries i l'altre, intentar convertir les centrals tèrmiques, incloent les nuclears, en centrals provinents d'energies renovables.