



Resumen

Hyperloop es considerado el quinto medio de transporte, después del coche, barco, tren y avión. Consiste en una capsula de levitación magnética que viaja dentro de un tubo en el que la presión de aire ha sido reducida. Entonces, la fricción con el suelo y resistencia aerodinámica son minimizadas, alcanzando ultra altas velocidades a nivel de tierra.

Actualmente hay en desarrollo varios trenes maglev y conceptos hyperloop. La mayoría proponen levitar usando Suspensión Electromagnética (EMS). Zeleros, la compañía donde esta Tesis ha sido realizada, tiene una propuesta similar. Zeleros usa un EMS Híbrido (HEMS), combinando imanes y electroimanes para reducir los requerimientos de energía. Respecto a la propulsión, la propuesta es única ya que hace uso de un compresor de la industria aeroespacial. Simulaciones CFD prueban que usar un compresor reduce considerablemente la resistencia aerodinámica en el ambiente cerrado, ya que el efecto pistón es mitigado. Para el mismo tamaño de tubo y presión, un hyperloop con compresor requiere hasta 70 % menos potencia. En otros términos, si la misma potencia es instalada en el vehículo, el diámetro de la infraestructura puede ser 2.8 veces más pequeño.

Esta Tesis desarrolla un simulador 0D para evaluar el rendimiento de la solución hyperloop propuesta. Resolver su aerodinámica requiere solucionar un fujo interno y externo de Fanno. El último combina efectos de Couette y Poiseuille en un dominio anular. Así, se desarrolla un modelo simplificado para flujos de Fanno, acelerando así el modelado básico. Esta aproximación matemática incluye información de la velocidad de la pared y de la forma del dominio, evitando integrar un sistema de EDOs. La solución tiene una desviación en la ratio de presiones de 5 % respecto a CFD, y del 10 % en la longitud crítica.

El simulador modela toda la termodinámica del vehículo, incluyendo el compresor, conductos, turbina, tobera y flujo externo. Este modelado es similar al del ciclo de Bryton, sin cámara de combustión. Además, se incluye un modelo para predecir la masa y longitud de la cápsula y sus componentes. Así, las pérdidas de fricción y requerimientos de potencia y energía son obtenidos. Estos resultados presentan una desviación máxima del 20 % respecto a CFD.

Además, un proceso de optimización para encontrar la solución más eficiente se ha desarrollado con el código, para vehículos de 50 y 150 pasajeros. Se ha encontrado que es más beneficioso absorber menos gasto másico con el compresor, ya que la energía requerida para comprimir el flujo interno es más alta que las pérdidas en el canal externo. Comparando el consumo de energía específico de esta solución con otros medios de transporte, el hyperloop se encuentra cercano al rendimiento de los maglev. Éste es, también, entre tres y cinco veces más eficiente que los aviones. Además, es más competitivo que el avión en términos de velocidad media en una ruta hasta los 800 km.

Por último, se desarrolla un modelo similar para un sistema de escala media. Este prototipo, cuya velocidad objetivo es de 500 km/h, es diseñado por Zeleros previo al sistema de escala real. Su simulador incluye además los efectos transitorios y la termodinámica del tubo, asumiendo una velocidad del sonido infinita. Gracias a este código, se puede obtener el rendimiento en una misión. Inicialmente, el prototipo incrementa la presión del tubo aguas arriba, y la reduce aguas abajo debido al efecto pistón, generando una velocidad inducida. Al final de la misión, el flujo puede ser transferido otra vez, y las presiones se equilibran otra vez. Este modelo también predice el par y potencia del motor eléctrico, además de los parámetros de la batería (voltaje, corriente y profundidad de descarga).