

La importancia de la velocidad en el ferrocarril

Eduardo Romo

eromo@fundacioncdh.com

Fundación Caminos de Hierro

La velocidad y el tiempo de viaje

El ferrocarril es el único modo de transporte de viajeros que aún hoy en día es capaz de traducir los avances tecnológicos relacionados con el incremento de la velocidad en prestaciones para el viajero. Entendiendo un modo de transporte como una tecnología aplicada a una función, la función de transporte, históricamente todos los modos han ido desarrollando e incorporando innovaciones para ir aumentando su velocidad.

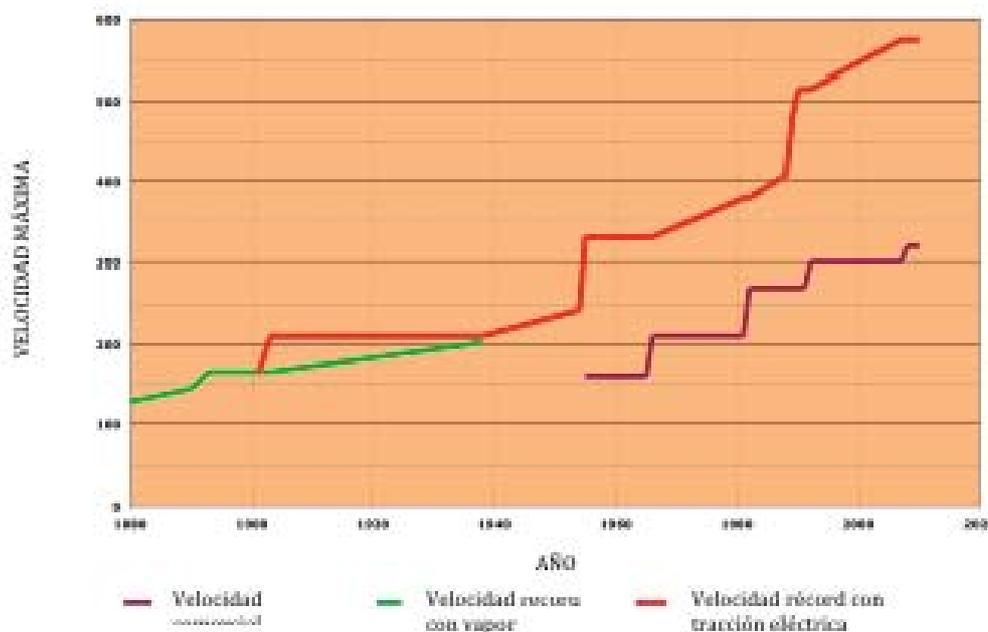
Esta carrera incansable de la tecnología en pos de velocidades más elevadas ha tenido siempre como principal objetivo ofrecer tiempos de viaje más reducidos para el viajero. De manera creciente, la percepción del valor del tiempo supone que cobre cada vez más importancia el interés por llegar antes, porque el tiempo de viaje sea más breve, desde otro punto de vista, que la velocidad sea mayor.

Esta inquietud es una constante para cualquier viajero y para cualquier viaje. Sin embargo, donde presenta una especial relevancia entre los factores que caracterizan al desplazamiento es en los que implican recorridos largos. Son muchas las variables que caracterizan la calidad de un viaje más allá de la seguridad: la fiabilidad del servicio, la comodidad, la puntualidad... del mismo modo que para desplazamientos de corto o medio recorrido, la frecuencia, la flexibilidad, la idoneidad de los horarios que ofrecen múltiples opciones juegan también un papel importante, en relaciones largas el tiempo de recorrido destaca en el momento de tomar la decisión de viajar y elegir el modo de hacerlo.

Como consecuencia de su propia naturaleza, la velocidad juega un papel diferente para cada uno de los modos. El viajero puede valorar de modo diferente los diferentes tiempo del viaje, pero de manera muy mayoritaria atribuye un valor preponderante a la duración global del viaje de origen a destino. En este sentido, se diferencian los modos por el número de etapas que componen la cadena de transporte. Para alguno de ellos se trata de un recorrido único, de puerta a puerta,

presentando otros correspondencias y esperas intermedias.

Para estos últimos, la minimización de la etapa principal, de largo recorrido propiamente, es un objetivo básico. La eficiencia y atractivo del servicio radica en buena medida en desarrollar velocidades elevadas que supongan tiempos reducidos. El tren es un claro ejemplo en el que alcanzar velocidades elevadas supone ofrecer un servicio eficaz.



La complejidad de la velocidad como variable

A pesar de contar con una precisa y unívoca definición como concepto físico, la velocidad tiene asociada una cierta riqueza semántica. La derivada del espacio respecto del tiempo, tan lisa y llanamente, aparece diversificada en el ámbito del transporte con diferentes acepciones.

Se emplean con frecuencia términos con significados con distinto nivel de precisión como “velocidad de explotación”, “velocidad media”, “velocidad comercial”, “velocidad instantánea”... entre los más utilizados. Muchos de ellos dependen y están inseparablemente relacionados con el término “velocidad máxima”. Éste, de apariencia sencilla, incorpora también matices que deben tenerse en cuenta- evoluciona con el tiempo, incluye la exigencia de seguridad...- pero expresa el valor máximo que el desarrollo de la tecnología ofrece en cada momento. La relación que presenta el sistema ferroviario con la velocidad máxima lo diferencia esencialmente, como a continuación veremos, del resto de modos de transporte.

Debe mencionarse aquí un matiz relevante en cuanto al término velocidad máxima. Es importante destacar el significado que debe darse a esta expresión. Está directamente relacionada con el desarrollo tecnológico y depende de numerosas innovaciones- mecánicas, electrónicas, materiales...- vinculadas a diferentes subsistemas y funciones- potencia, rodadura, tracción, frenado...- presentando un comportamiento evolutivo, cambiante con el tiempo. Debe diferenciarse, sin embargo, de la “velocidad récord”. Esta última, directamente relacionada también con la evolución tecnológica, tiene en cada momento histórico un valor preciso e incuestionable. Se trata del máximo absoluto que haya alcanzado de modo estable un vehículo

ferroviario, semejante a los que prestan servicio comercial, durante recorridos en condiciones de pruebas o ensayos.

El valor de la velocidad máxima es, lógicamente, inferior a aquel en una medida que incluye consideraciones relativas a seguridad y a mantenimiento en condiciones económicamente aceptables, que evoluciona, a su vez, con las innovaciones tecnológicas en este campo. Ambas velocidades- record y máxima- comparten la misma tendencia, históricamente siempre creciente, y sus valores difieren entre sí en un valor de rango importante en términos relativos.

Otro aspecto a destacar en relación con las diferentes “velocidades” es el binomio compuesto por las velocidades de explotación o comerciales y las velocidades de diseño.

Las velocidades máximas de explotación son el resultado de aplicar requisitos de seguridad, condiciones de marcha y de carácter económico asociadas a las instalaciones fijas y al material rodante, mediante procesos normalizados de homologación. Estos valores pueden modificarse con cierta sencillez y frecuencia a medida que la tecnología ofrece nuevos avances.

El tratamiento de las velocidades máximas de diseño sigue pautas diferentes, especialmente en lo que se refiere a la infraestructura.

Por su naturaleza, algunos modos de transporte no requieren de infraestructura propia al utilizar como soporte para su movimiento medios naturales- el agua del mar, el aire de la atmósfera-. No es el caso del ferrocarril que necesita una infraestructura concebida expresamente para ofrecer unas prestaciones específicas. Como consecuencia de sus características- dimensiones, implantación en el territorio...- no resulta ni fácil ni económico modificar sus prestaciones en términos de velocidad a medida que avanza la tecnología. Su prolongada vida útil, superior a los cien años, como se ha demostrado históricamente en numerosas ocasiones, aconseja que los parámetros que condicionan la velocidad- particularmente su geometría- deben diseñarse con visión a largo plazo, anticipando la evolución de la variable velocidad y aplicando en el momento del proyecto de la obra valores de velocidad máxima de diseño por encima de los valores de velocidad máxima autorizados para la circulación en el momento de proyectarlo.



La tecnología ofrece la posibilidad de desarrollar velocidades muy superiores a la del transporte en muchos modos.

La evolución de la velocidad en los diferentes modos de transporte

A diferencia del ferrocarril, otros modos de transporte no han incorporado a los servicios de transporte de viajeros los incrementos de velocidad alcanzados en prototipos como consecuencia de innovaciones tecnológicas.

Se analizan algunas causas de este fenómeno para distintos modos de transporte.



En muchos modos, los avances tecnológicos hacen posible circular a velocidades más elevadas para otros fines, deportivos, militares

Transporte marítimo

En este caso, embarcaciones de competición han alcanzado velocidades superiores a los 250 km/h. Son vehículos fueraborda que prácticamente vuelan sobre la superficie acuática. Solo pueden emplearse de manera segura en condiciones meteorológicas muy favorables.

La velocidad comercial ronda en general los 40 km/h de manera estable desde hace muchas décadas.

Transporte por carretera

Tanto las velocidades récord como las velocidades máximas han ido incrementándose desde la aparición del automóvil. Actualmente, al margen de prototipos muy sofisticados para batir récords que utilizan técnicas de impulsión basados incluso en motores a reacción, la tecnología empleada por los vehículos de carretera apenas se diferencia de las aplicadas en los Fórmula 1.



La tecnología posibilita velocidades por encima de 350 km/h en competiciones automovilísticas.

La velocidad máxima que alcanzan estos vehículos se aproxima a los 350 km/h.

Sin embargo la tendencia a escala mundial es limitar la velocidad máxima de autopistas a valores comprendidos entre 110 y 130 km/h. La seguridad de circulación es la principal razón para el establecimiento de estos límites.

Aviación

Este modo presenta algunas similitudes con el caso de la carretera. La tecnología aeronáutica ha ido mejorando las prestaciones de los aviones hasta alcanzar velocidades supersónicas.

Estas tecnologías se han aplicado también a aviones de uso comercial como el “Concorde”, en servicio entre 1976 y 2003 a velocidades en torno a 1500 km/h (Mach 2). Sin embargo los elevados costes de explotación y mantenimiento, cuestiones ambientales y de seguridad dieron lugar a la desaparición de los servicios comerciales supersónicos.

Como consecuencia, a pesar de haber ofrecido servicios comerciales a velocidades muy superiores en la actualidad la velocidad máxima de explotación se encuentra estabilizada en torno a 900 km/h para los aviones a reacción.



La aviación comercial ha conocido épocas en que la velocidad máxima ha sido superior a la actual.

La singularidad del sistema ferroviario

El incremento de las velocidades récord ha sido una constante desde los orígenes del ferrocarril cifrándose en la actualidad en 574,8 km/h.

La tendencia continua al incremento de la velocidad no parece estar limitada por factores externos a su progreso tecnológico. La elevada eficiencia energética, los elevados niveles de seguridad, los limitados efectos ambientales, el equilibrio de costes y la sencillez de la gestión del sistema facilitan hoy en día adicionales incrementos a la velocidad actual.

Fundamentalmente son los umbrales tecnológicos los que marcan los límites de la velocidad comercial que en la actualidad ofrece valores máximos comprendidos entre 60 y 350 km/h.



Los trenes de viajeros son el único modo de transporte que sigue mostrando en la actualidad una velocidad máxima creciente.

Factores que limitan el aumento de la velocidad

A diferencia de lo ocurrido en los demás modos de transporte, sería prematuro, como ha sido siempre a lo largo de la historia, apuntar a un valor o rango de valores hacia los que tendería a estabilizarse la velocidad máxima de circulación en el sistema ferroviario. Sin embargo, para ordenar ese análisis puede proponerse como método la identificación y caracterización de los factores que limitan o atenúan el crecimiento continuado de la velocidad.

La aspiración de cada modo a ofrecer continuamente prestaciones más atractivas para el viajero conlleva la tendencia a sacar partido a los avances tecnológicos en términos de velocidad. Esta evolución, sin embargo, no se produce en condiciones de libertad plena. Está regulada, modulada, retenida por un conjunto de factores que van limitando el valor máximo en cada momento, en cada etapa histórica.

La identificación y caracterización del comportamiento de cada uno de estos factores facilitará la prospección de cuál podría ser- si existe- un valor hacia el cual iría estabilizándose la velocidad máxima en el futuro.

Estos factores o variables presentan naturalezas diferentes así como distintos niveles de influencia en cuanto a la magnitud del límite que establecen. Algunos de ellos se manifiestan de modo independiente y más nítido, en otros casos ofrecen comportamientos cruzados.

Los factores que, con carácter general, juegan el papel de limitadores de la velocidad máxima tienen relación con la seguridad, el nivel de confortabilidad, la economía de la explotación o la influencia sobre el medio ambiente. Dentro de cada uno de estos campos hay variables a su vez más complejas que contribuyen a esa atenuación del crecimiento de la velocidad.

Estas variables tienen naturaleza en unos casos estrictamente mecánica relacionadas, por ejemplo, con la adherencia o el frenado, en otros casos con la economía- costes de mantenimiento de instalaciones fijas o material rodante-, o el medio- emisiones de CO₂, contaminación acústica... -, o con el consumo de energía que involucra a más de una.

Debe tenerse presente también en este análisis la presencia de otras variables que suponen acicates para el incremento de la velocidad en aras de un sistema más eficiente. Pueden mencionarse las economías en los costes de explotación como consecuencia de tiempos de recorrido inferiores o incrementos de la demanda consecuencia de este mismo hecho.

La influencia de las características del corredor en el establecimiento de la velocidad

Además de los factores mencionados como atenuadores de la tendencia creciente de la velocidad máxima, de carácter intrínseco al modo, a la tecnología, hay otro conjunto de variables de otra naturaleza, inherentes al corredor. Su consideración no tiene un comportamiento general sino concreto. Se trata de factores a considerar específicamente para establecer razonadamente la velocidad máxima de un servicio para una línea concreta.

De entre los numerosos factores pueden destacarse dos que presentan una influencia especialmente señalada. Se trata de la longitud de la línea recorrida por el vehículo, de origen a destino, y, por otro lado, del número de paradas intermedias.

Desde la aparición de la moderna alta velocidad, hace cerca de medio siglo, el tipo de servicios se ha diversificado en muchos sentidos. Uno de ellos es la longitud del recorrido servido. Con recorridos iniciales próximos a los 500 kilómetros durante muchos años, en diferentes países, actualmente el rango se ha abierto notablemente. Hoy en día se operan servicios de menos de 100 km de longitud- de carácter regional- junto a otros de muy largo recorrido, por encima de los 1000 km.

A su vez, la influencia de los procesos de aceleración y frenado en las paradas intermedias sobre el régimen de velocidades de circulación debe tenerse en cuenta.

En el establecimiento de una velocidad máxima de circulación orientada a optimizar el balance generalizado del servicio que se presta sobre una línea concreta, deben analizarse además de los factores antes mencionados con carácter general para el modo ferroviario, la longitud del recorrido y el número de paradas intermedias.

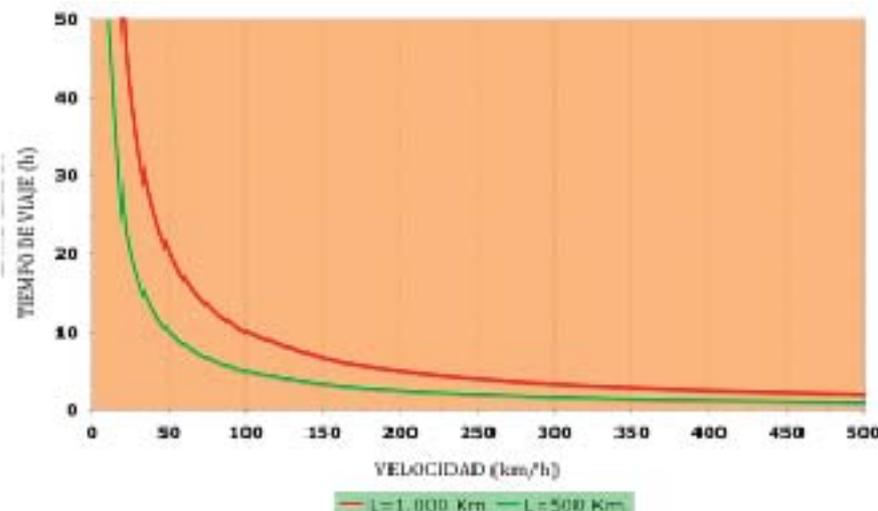


Figura 1. Relación entre la velocidad máxima, la longitud de la línea y el tiempo de viaje

Hacia la velocidad óptima en el ferrocarril

En el resto de los modos de transporte es fácil apreciar que la velocidad máxima ha ido convergiendo hasta centrarse en un valor o un rango de valores muy reducido; valor al que podríamos denominar “velocidad óptima”.

El ferrocarril es, en este sentido, una excepción pues la tendencia de la velocidad máxima sigue siendo creciente- sacando partido a los avances tecnológicos- en condiciones indiscutibles de seguridad y eficiencia.

En este contexto de reflexión- con consecuencias en los campos de la planificación y la explotación ferroviaria- un grupo de trabajo de la UIC, coordinado por la Fundación Caminos de Hierro, está llevando a cabo un estudio para establecer una metodología que facilite el establecimiento del valor de la velocidad óptima en aquellos casos en que no coincida con la velocidad máxima.