De la era del vapor a la era digital

Alejandro Semo
Profesor - investigardor
Universidad Autónoma de la Ciudad de México

En 1850 se inauguró la primera línea de ferrocarril en México que comprendió 13 kilómetros de vía que iban de Veracruz al Río San Juan. La incorporación de este medio de transporte provocó, desde los primeros días, un cambio decisivo en la población, que desde ese momento tuvo una nueva percepción del tiempo y del espacio.

Con el ferrocarril comenzó un flujo constante, con precisión de horarios y ahorro de tiempo, en el movimiento de pasajeros y mercancías. El tren entonces provocó una alteración espacio temporal y su velocidad tuvo un papel protagónico. Es decir, durante la primera mitad del siglo XIX, un viajero que iba en diligencia desde la ciudad de México hasta el puerto de Veracruz, hacía en promedio cuatro días de viaje, mientras que con el ferrocarril, que se inauguró en enero de 1876, ese mismo viajero hacía 18 horas de viaje en promedio, tiempo que se redujo algunos años más tarde, hasta doce horas en promedio. Pero eso no es suficiente. Los seres humanos tenemos un deseo común; en nuestros viajes queremos llegar aún más rápido, ir más cómodos y lograr una mayor seguridad. Para lograr estos objetivos los ingenieros desarrollaron tres áreas de conocimiento específicas: la ciencia de la mecánica, la ciencia de la ergonomía y la ciencia de los accidentes.

El más veloz

En las últimas décadas del siglo XIX, el mundo vivió cambios importantes. Mientras en nuestro país las tres grandes empresas ferroviarias: Central Mexicano, Nacional Mexicano e Internacional Mexicano se diputaban la competencia por aumentar la cantidad de carga que transportaban sus vagones, en Inglaterra se desarrollaba otra batalla entre las grandes compañías: la de alcanzar una mayor velocidad.

Así, en 1838, se construyó la línea del *Grey Western Railroad*, en el oeste de Inglaterra. Tenía un ancho de vía mayor que el habitual, era de siete pies y una pulgada (2.1590 m), lo que permitió darle mayor estabilidad a la máquina y a los vagones. El ferrocarril en esta línea llegó a desplazarse hasta 76 millas por hora el 1 de julio de 1846, aunque no era su velocidad promedio. Los mismos constructores de ese ferrocarril se propusieron alcanzar las cien millas por hora y lo lograron en 1904, con una locomotora de vapor denominada “City Of Tourl”.

Durante el siglo XIX, diversas compañías ferrocarrileras buscaron atraer más público incrementando la velocidad de sus trenes. Durante la década de 1880 a 1890, dos empresas rivales se disputaron el transporte en Inglaterra: la *London and South Railroad* y el *Grey Western Railroad*, que competían en el sur. Aunque en apariencia habían llegado a un acuerdo, pues la primera transportaría pasajeros y la segunda sólo correo, desde la ciudad de Playmounth hasta Londres, lo cierto es que el honor de

ambas empresas estaba en juego. Por ejemplo, el 23 de abril de 1904 la South Western llegó a Waterloo en cuatro horas y tres minutos, mucho menos que el Grey Western, pero exactamente una semana más tarde esta última empresa se reivindicó reduciendo en siete minutos el tiempo de su rival. Así, el 7 de mayo de 1904 la compañía preparó algo especial: el tren debería transportar el oro que traía un barco alemán que había atracado en el muelle de Playmounth, y el jefe de locomotoras George Jackson Chartzwell quiso que se superara aún ese record de velocidad, registrándose una velocidad de 103 millas por hora. La locomotora, que si bien tenía el mismo bastidor que las anteriores, contaba con válvulas y cilindros de pistón modernos, y contaba con algunos cambios en el diseño de su caldera. Un tiempo después esa misma compañía tuvo un fatal accidente en el que murieron 26 personas, por lo que optó por salirse de la carrera por ganar velocidad.

En Alemania también se registraron cambios interesantes durante ese mismo periodo de tiempo. En 1898, el Estado Prusiano logró unir a varias empresas para desarrollar la primera línea en la que se utilizarían trenes eléctricos de velocidad rápida. En ese año se construyeron los primeros 72 kilómetros (45 millas) de vías férreas, con tendido eléctrico, propiedad de Marienfelde y Zossen.

En 1903, la empresa AEG logró la increíble velocidad de 110 kilómetros por hora, y para 1965 puso a prueba una máquina eléctrica, la E03, que alcanzó los 200 kilómetros por hora, que se superarían en 1973, cuando se logró alcanzar la que parecía inimaginable velocidad de 273 kilómetros por hora. En 1991 se complementaron nuevas máquinas con diésel. Esa línea estaba diseñada para llegar hasta los 300 kilómetros por hora y con ello se alcanzaba el sueño de tener trenes de verdadera alta velocidad. Para finales de la década de 1980 los trenes bala ICE de Alemania llegaron incluso a los 400 kilómetros por hora.

A pesar de todos esos avances, es posible afirmar que la era de los trenes balas comenzó en Japón durante la década de 1960, cuando se diseñó el "Tokyaido", tren que alcanzó una velocidad máxima de 210 kilómetros por hora. Cabe decir que la verdadera innovación de este ferrocarril reside en que para su desarrolló se utilizaron nuevas tecnologías que permitieron renovar el sistema de señalización. Para entonces, el sistema ferroviario ya no sería convencional, pues se entraba de lleno a era digital. Posteriormente se inauguraron otras líneas férreas en el país nipón. En 1993, los trenes balas alcanzaron los 332 kilómetros por hora, marca de velocidad que ya había sido superada por los ferrocarriles europeos.

Mirada Ferroviaria
Revista Digital
año 2014, enero - abril, núm. 22

El más seguro

Si hacemos un poco de historia resulta que las vibraciones permanentes e intensas que los viajeros experimentaron en los ferrocarriles del siglo XIX no sólo los afectaron a ellos, sino también a la resistencia de los materiales de los que estaban construidos.

En el imaginario social de la época, el concepto de resistencia no sólo se aplicó a los materiales, sino también a las personas. Este problema se planteó desde 1854 durante una sesión en el Instituto Londinense de Ingenieros Civiles, en un documento titulado *Sobre la resistencia y sus consecuencias en el acero*, en el que se afirmó que había suficientes razones para estudiar este fenómeno, pues podía ser causa fundamental de futuros accidentes en los ferrocarriles. En ese mismo texto se recomendó llevar a cabo las investigaciones que fueran necesarias para darle al acero mayor resistencia. Al parecer este problema se debió a un número de variantes como las tensiones constantes por el movimiento de los vagones, los golpes permanentes, los movimientos bruscos o tensiones inesperadas.

Para mediados del siglo XIX, ya se sabía que si al hierro se le exponía a tensiones más allá de su resistencia en forma permanente se podría cristalizar y finalmente quebrar; sin embargo, este fenómeno sólo recibió una atención constante hasta el momento en que se utilizó en la industria de armamento. Por razones obvias el ferrocarril representó "el lado más visible y la punta de lanza" en lo que se refiere a resistencia de materiales y seguridad. En términos de la tecnología de las máquinas, el ferrocarril constituía la industria más avanzada de su época, y era el centro de atención de la opinión pública en mucho mayor grado que la industria manufacturera. De tal suerte que los desastres en la industria del tren tenían un mayor rango de "espectacularidad y mayor impacto sobre la opinión pública".

Así, los accidentes causaron tal impacto en la población que los estudiosos se motivaron para desarrollar un nuevo ramo al que denominaron "La ciencia de los accidentes". Un ejemplo de esta situación fue el accidente ferroviario que ocurrió el 8 de mayo de 1842 en el que murieron cien personas. El evento tuvo lugar en el tramo París-Versalles, cuando un eje de una de las llantas de un vagón sufrió una ruptura. Un experto asignado a la investigación, el ingeniero Laigned, concluyó que para entender la magnitud del suceso era necesario estudiar el fenómeno como un todo; es decir, tanto el estado psicológico de los pasajeros como el de los materiales afectados, y verlo como un asunto equivalente del accidente. Lainged declaró a la prensa: "No se puede separar el estado psicológico de los pasajeros -debido al aumento de las vibraciones- con la capacidad de resistencia de los materiales para entender la magnitud del accidente".

En México, los accidentes también fueron foco de atención por parte de las autoridades y de la población en general. Por ejemplo, en 1869 se registró un accidente cerca de la ciudad de Puebla. No hay mejor crónica del acontecimiento que la que publicó el periódico *El Renacimiento*:

> A pocos días de celebrar nosotros las inauguración de un nuevo tramo de ferrocarril. El jueves 17 del presente, el tren que había cogido a las cuatro de la tarde a los pasajeros de Puebla en Santa Ana Chiautempan, se dirigía a México. Caía en los llanos de Apam un fuerte aguacero; algunos dicen que una manga de agua se desató allí. Hay una barranca a una milla y media de Otumba, que los indígenas llaman "del Muerto" que atravesaba el ferrocarril sobre un puente de hierro. Como la barranca creció extraordinariamente, la avenida para abrirse paso, arrancó el terraplén en que reposaban los durmientes a un lado del puente dejando este en pie. De ese modo los rieles quedaron en pie y, para mayor peligro tal circunstancia no podía conocerse por el declive de la vía y por la lluvia. No podía verse el abismo en que las cintas de hierro, como el puente de Mahoma quedaban en el vacío.
>
> A mayor abundamiento el guarda-carril desprovisto de casilla en que guarecerse de la intemperie se había refugiado a alguna distancia debajo de un maguey. El tren en consecuencia, avanzo sin recelo no viéndose ninguna señal alarmante, y al llegar a los rieles suspendidos, la locomotora se hundió arrastrando en pos de sí dos de los carros que se hicieron trizas causando la muerte a los maquinistas, a varios pasajeros cuyo número algunos hacen subir a treinta y otros a nueve e hiriendo malamente a otros muchos. El accidente fue espantoso de ver. Las víctimas aparecían entre el agua y el fuego. Los carros detrás se escaparon casualmente. En uno de éstos venía el administrador del camino o algún dependiente quien en el acto mandó poner un telegrama a México; pero el hilo estaba roto y fue preciso ir más allá para poner el ávido. Eran como las 5.30 de la tarde.
>
> Los pasajeros sanos y heridos tuvieron que apearse y que atravesar la nueva barranca formada por la creciente por un puente provisional de vigas..., permanecieron con los pies dentro del agua y bajo la lluvia muertos de hambre y de horror hasta las 10 o 11 de la noche en que llego otro tren de México con los médicos y algunos auxilios
>
> Montaron en el que pudieron algunos heridos y otros maltrechos y llegaron a Buena Vista a la uno y cuatro minutos de la mañana no encontrando allí más que tres coches de sitio en el que penosamente fueron conducidos al centro de la ciudad.
>
> Al día siguiente se trajeron los cadáveres de hombres mujeres y niños que pudieron encontrarse entre los escombros el lodo y los pedazos de la locomotora y los vagones.
>
> Tal fue el espantoso accidente ocurrido el jueves 17 y cuyo relato hacemos según los informes de uno de los pasajeros salvados, por un favor de la providencia de la catástrofe.

Mirada Ferroviaria
Revista Digital
año 2014, enero - abril, núm. 22

> México, como es de suponerse, se llenó de consternación y Puebla debe hallarse en idéntico estado.[24]

Dos décadas más tarde, el alemán August Wöhler financió e impulsó una fundación para la creación de un Centro de Estudios para la Resistencia de los Materiales. Wöhler había hecho estudios previos al analizar y cuantificar la resistencia de los materiales que llevaba el tren que se accidentó en 1842 y demostró que la ruptura de la llanta y su separación del eje se debían a que no tenían la resistencia necesaria. Wöhler desarrolló materiales más resistentes para su futuro uso en la construcción de los ferrocarriles e impulsó el Centro de Estudios dedicado a este problema.[25]

Sin embargo, los desenlaces fatales en los ferrocarriles no se resolvieron durante el siglo xx. Como es sabido, el ferrocarril es la forma de transporte terrestre más pesada; tiene gran inercia o habilidad para resistir la aceleración, así que necesita de una fuerza importante para moverse. Conforme el ferrocarril acelera por las vías, reúne una gran cantidad de energía cinética o energía de movimiento, y mientras más pesado sea el tren y más rápido se desplace, más energía cinética tendrá. El problema es que esta energía es indestructible. Es decir, para que un tren se detenga tiene que anticiparse durante el proceso de frenado. Si un tren se detiene de manera repentina, y no hay tiempo para frenar, la energía cinética tiene que desplazarse hacia alguna parte. Su ruta de escape más inmediata es la misma estructura del tren, que va a aplastar, doblar y destruir lo que se encuentre a su paso, hasta que finalmente esa energía sea absorbida.

Así, el reto para los estudiosos de los accidentes ferrocarrileros fue encontrar formas que facilitaran el escape de esa energía cinética y protegieran a los pasajeros de cualquier destrucción o percance. El primer muro de defensa es la parte externa del tren. En los primeros vagones de madera esta parte protegía a los pasajeros sólo del clima; en un accidente simplemente se desintegraba.

Por ejemplo, otro accidente de trenes, no menos importante, se registró en Francia, allá por 1933. Un día antes de celebrarse la Navidad una locomotora de vapor se impactó en la parte final de otro tren compuesto con vagones hechos de madera y los perforó casi por completo. La densa neblina fue la causante. La locomotora redujo los vagones de madera a fragmentos y mató a 230 personas.

Unos años más tarde, en 1937, las empresas ferrocarrileras de ese país comenzaron a realizar investigaciones y efectuaron un conjunto de pruebas con el propósito de analizar qué había salido mal. Impactaron un ferrocarril de 260 toneladas que viajaba a 38 kilómetros contra

[24] Periódico *El Renacimiento*, 1 de enero de 1869, t. I, pp. 364-365. México, UNAM, Hemeroteca Nacional, 1979. Edición facsimilar.
[25] Emilie Wöhler´s, Ensayos publicados en el periódico: *Zeitschrifft für Bauwesen*. Berlín, 1872. traducción personal.

Mirada Ferroviaria
Revista Digital
año 2014, enero - abril, núm. 22

unos vagones de madera, observaron cómo un vagón atravesaba al otro por completo; un nivel de destrucción impactante. Un examen más minucioso reveló lo que había sucedido. Cuando dos vagones de tren se impactan, sus pesadas estructuras se encuentran. La pesada energía cinética del vagón en movimiento obliga a la estructura a encimarse en la otra para luego impulsarse en el vagón de madera más débil. En segundos la energía cinética se disipa en la destrucción total de todo un vagón. Este fenómeno es llamado telescópico porque un vagón perfora a otro como si fuera un telescopio retráctil. El fenómeno telescópico fue una de las principales causas de muerte de los pasajeros de trenes hasta las primeras décadas del siglo xx; había que encontrar forma de prevenirlo.

En 1916 el diseñador de Ferrocarriles Joe Robinson inventó un conjunto de placas de metal corrugado que se colocó al final de cada vagón. En una colisión las placas se acomodarían entre sí para prevenir que un vagón se encimara en el otro, y las placas recanalizaran la energía cinética de forma horizontal evitando así el movimiento vertical que podía causar el fenómeno telescópico. En la actualidad, las versiones modernas de las placas de Robinson son una medida obligatoria de seguridad, pero durante todo el siglo xix casi no se habían implementado. Los ingenieros buscaron respuestas en otras soluciones.

Los vagones de acero reforzado se comenzaron a construir después de la experiencia del accidente de Francia en 1933. Para rechazar el impacto pusieron el nuevo diseño a prueba. El diseño de metal funcionaba mejor que el de madera; el nivel de destrucción fue comparativamente menor. Así, para la primera mitad del siglo xx los vagones de madera fueron descontinuados.

¿Fue la introducción de los vagones de metal el punto de cambio en la seguridad en la red ferroviaria? Las pruebas demostraron que no. Los especialistas no se dieron cuenta de que al resolver un problema habían creado otro. El fenómeno telescópico fue reemplazado por un fenómeno nuevo e igualmente mortífero: el que un vagón aplastara a otro. El problema siguió siendo causa de muchas muertes. En 1988 tres trenes entraron en colisión en Inglaterra debido a la falla en las señales cerca de uno de los entronques más agitados de Europa. Murieron 35 personas. Un análisis reveló la causa por la cual este fenómeno tenía tal poder de destrucción: cuando un vagón de metal golpea a otro el cuerpo rígido en la inercia del vagón impactado puede ofrecer una gran fuerza de oposición. En esas circunstancias la energía cinética de un vagón en movimiento tiende a llevarlo con toda su fuerza sobre el vagón de enfrente para caer en el techo de los pasajeros que hay debajo. Había que encontrar otra solución.

En sus inicios la seguridad en los ferrocarriles se concentró en la manera de controlar la fuerza de los trenes. El principio era que debían ser

construidos para resistir la deformación o la flexión. Sin embargo, en la actualidad se opera bajo otra premisa, se buscan métodos para fomentar la deformación.

La idea fue dada a conocer en la década de 1950 por los ingenieros de la industria automotriz, a quienes se les ocurrió crear una zona de "opresión"; un área desocupada en un vagón, específicamente diseñada para colapsarse en un choque. Su función fue absorber el impacto en el momento de atracción de la energía cinética, antes de que causara un daño más serio al resto del vagón y a sus ocupantes. La zona de "opresión" fue diseñada para que el área de pasajeros permaneciera intacta. En las décadas de 1980 y 1990 las zonas de opresión fueron investigadas como una posible respuesta al mayor problema de la seguridad de los ferrocarriles. En respuesta al accidente de Blackham, los ingenieros ingleses comenzaron un proyecto de investigación. El problema planteaba cómo resolver el espacio de "opresión" para su uso en el sistema férreo.

Sólo hasta el presente, casi se ha logrado que los vagones sean equipados con zonas de "opresión" en cada lado opuesto. Dentro de ellos hay estructuras de metal -similares a una botella- que se ubicaron de forma tal que se colapsaran de una manera previsible. En la parte exterior se colocaron aditamentos que Joe Robinson desarrolló en 1916, casi un siglo antes. Se trataba de placas de metal para evitar que los vagones se encimen. Los ingenieros esperaban que estas alteraciones a un diseño simple pudieran evitar este fenómeno. Su teoría proponía que durante la colisión, las placas se acomodarían. La energía cinética no tendría otra opción que viajar a la zona de opresión en la que sería absorbida de manera segura. Para realizar la prueba se equiparon dos vagones con instrumentos modernos para medir cargas, aceleraciones, desplazamientos y tensiones. En total se utilizaron 250 canales de información para que los científicos analizaran los sucesos después del acontecimiento. La prueba fue un éxito: las zonas de "opresión se colapsaron de la manera en que estaba previsto, y la energía se distribuyó a todo lo largo del tren. La filmación mostró cómo las placas se acoplaron a la perfección. El doblado y pandeo en las zonas de "opresión" anticipaba la energía antes de que pudiera alcanzar las áreas de los pasajeros, a fin de que éstos no sufrieran daños. En Inglaterra la instalación de zonas de "opresión" y de placas de contención se hizo obligatoria en todos los vagones nuevos.

A partir de entonces y en paralelo a los dos conceptos fundamentales desarrollados para mejorar a los ferrocarriles, que son la ciencia de la velocidad y la de la seguridad, las empresas impulsaron otra ciencia, que es la de la ergonomía. En otras palabras, mejorar el diseño interno y externo para la comodidad de los pasajeros. MF