



Por: Jaime A. Moncada, PE

Retos de la protección contra incendios en la infraestructura del transporte

Proteger la movilidad en las grandes ciudades, implica un reto importante que requiere la observancia y participación de diversos actores que garanticen la integridad de dicha infraestructura vital.

Dos de los diez incendios con más muertos en el mundo, durante este milenio, han ocurrido en sistemas de transporte. En 2003, en el metro de Daegu, en Corea del Sur, un taxista desempleado que había tenido problemas de depresión trató de quitarse la vida prendiéndose fuego, luego de mojarse con un líquido combustible dentro de un vagón del metro. En el incendio resultante, 192 personas perdieron la vida y 151 más resultaron heridas. En el año 2000, en Kaprun, Austria, un tren funicular lleno de esquiadores que subía a través de un túnel a una pista de esquí, se incendió luego del sobrecalentamiento

de su ventilador, incendiando el líquido hidráulico del freno del tren. Este incendio derivó en 155 muertos y solo 12 pasajeros del tren sobrevivieron.

Aunque en Latinoamérica, afortunadamente no hemos tenido incendios con gran cantidad de muertos en nuestra infraestructura de transporte, sí hemos padecido incendios con una importante afectación al funcionamiento de nuestras ciudades. Por ejemplo, en horas de la madrugada del 9 de enero del 2021, se reportó un incendio en un transformador del Centro de Control del Metro de la Ciudad de México. Este incendio ocasionó

una muerte y afectó a millones de pasajeros del sistema de transporte masivo más grande de Latinoamérica. La afectación al Centro de Control suspendió la operación de tres líneas por tres días y de otras tres líneas entre 16 y 30 días. En 1998, dos semanas antes del carnaval, una variación de voltaje inicia un incendio en el primer piso de la Terminal del Aeropuerto Santos Dumont de Rio de Janeiro; el incendio consumió dos terceras partes de la terminal, la cual, pudo reabrir sus puertas seis meses después, luego de una extensa reconstrucción. Ni el Centro de Control del Metro de la Ciudad de México, ni la Terminal del Aeropuerto Santos Dumont, tenían sistemas modernos de protección contra incendios.

Pero estos incendios no tienen que ser de grandes proporciones para afectar la infraestructura de una gran ciudad; justo el pasado 11 de junio del 2023, un carro tanque con 32.000 litros de gasolina se volcó debajo de un corto paso elevado en la Interestatal 95 (I-95), al noreste de la ciudad de Filadelfia, y se prendió. La I-95 es la autopista más importante del este de los Estados Unidos, transitada por 160.000 vehículos diariamente. El intenso calor del incendio sobrecalentó las vigas de acero soportando la autopista, cediendo al peso del paso elevado, tan solo, 25 minutos después de haberse reportado el incendio, colapsando los cuatro carriles en dirección norte de la interestatal. La autopista reabrió parcialmente dos semanas después, pero su reparación completa tomará varios meses.

Resiliencia de la infraestructura crítica

Se define como el grado en que la infraestructura crítica, por ejemplo, aeropuertos, sistemas de metro o túneles vehiculares, pueden retornar a su normalidad luego de un evento perturbador. Se ha definido, también, que la **resiliencia** es la capacidad de una instalación crítica de soportar una alteración importante, minimizando su impacto, recuperándose rápidamente y adaptándose para emerger fortalecida y mejor preparada. Los incendios pueden ser uno de estos eventos perturbadores y obviamente evaluar cómo minimizar su impacto a corto, mediano y largo plazo, es parte importante del análisis de la **resiliencia** de una instalación. Sobre este respecto, la normativa de la NFPA incluye varios documentos que establecen los niveles mínimos de protección contra incendios para la infraestructura del transporte.

A continuación, incluyo un resumen rápido de los temas más importantes de seguridad contra incendios que un ingeniero especializado debería evaluar durante el diseño o inspección de la infraestructura del transporte en una ciudad moderna:

- **Buques transatlánticos:** la NFPA transfiere la responsabilidad a la Organización Marítima Internacional (OMI), que desde 1974, y luego de sucesivas modificaciones, ha establecido un convenio internacional de seguridad humana en el mar, llamado SOLAS. En su capítulo II-2, este documento establece criterios de protección, detección y extinción de incendios. El buque debe ser analizado desde el punto de vista de su resistencia al fuego y compartimentación; las cabinas de pasajeros y tripulación deben estar protegidas con alarmas



de humo; y el barco debe estar protegido con un sistema de supresión de incendios, entre muchos otros. En los barcos más modernos, los sistemas de agua nebulizada (water mist) son el método más común de protección.

● **Estaciones de metro:** resulta indistinto si la estación es sobre superficie o bajo tierra, el diseño del sistema de evacuación *es muy importante*. La estación de metro subterránea puede incluir puestos de comida y de comercio, incrementando la carga combustible. Típicamente, dichas estaciones son protegidas con rociadores y el control de humo debe ser evaluado.

● **Muelles para buques de pasajeros:** los muelles generalmente son extensiones que se extienden hacia el mar y deben cumplir requerimientos de protección contra incendios en su infraestructura, superestructura, jetty y pasarelas. La resistencia al fuego, evacuación de los pasajeros, diseño del sistema de alarma y protección con rociadores debajo de las pasarelas deben ser evaluados. También se requieren conexiones de mangueras a través del muelle y una conexión al sistema contra incendios del barco llamada “International Shore Connection”.

● **Puentes vehiculares:** NFPA establece criterios de protección contra incendios para puentes que tengan tramos de más de 300 m de longitud. Los puentes tienen desafíos importantes como es el acceso limitado del cuerpo de bomberos, donde también es importante ejecutar un estudio de ingeniería para establecer la protección contra incendios estructural del puente.

● **Terminales de aeropuerto:** la terminal debe estar protegida con un sistema de rociadores, y dependiendo de la distancia de los aviones a la terminal, la fachada requeriría un sistema de aspersión para limitar la radiación de un posible incendio en la pista. Dependiendo de la arquitectura de la terminal, esta pudiera necesitar un sistema de extracción de humos. El sistema de evacuación se puede diseñar prescriptivamente, aunque es hoy día común evaluar esta misma a través de diseños por desempeño, debido a las limitadas opciones de evacuación que pudiera tener este tipo de edificios. La alarma debe ser por un sistema de voceo.

● **Túneles de metros o trenes:** los túneles de sistemas masivos de transporte tienen retos importantes entre los que se encuentran la evacuación de los pasajeros durante un incendio, así como la resistencia al fuego y el manejo del humo dentro del túnel. Uno de los pasos más importantes es el de establecer la tasa de liberación de calor (o HRR por sus siglas en inglés) de los vagones incendiados, pues basado en esta información, se hace posible la modelación del sistema de ventilación de emergencia. También, a través de modelación, se debe establecer cuánto tiempo demoran los ocupantes en evacuar seguramente. Estas modelaciones se realizan utilizando herramientas avanzadas de simulación, llamadas Simuladores de Dinámica de Incendios (o FDS por sus siglas en inglés).

● **Túneles Vehiculares:** los temas más críticos son la evacuación de las personas, ventilación de emergencia y resistencia al fuego estructural. La norma de la NFPA establece criterios más estrictos dependiendo de la longitud del túnel.





“ LA REVISIÓN POR PARES ES UNA HERRAMIENTA QUE SE UTILIZA TÍPICAMENTE EN MEGAPROYECTOS PARA AYUDAR AL USUARIO U OTRA PARTE INTERESADA, A TOMAR DECISIONES CON RESPECTO A LA IDONEIDAD DEL DISEÑO DE LA SEGURIDAD HUMANA Y PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS DEL PROYECTO. ”

DIGITAL FIRE

alarms & extinguishing systems

KIDDE
COMMERCIAL

EDWARDS



-GENESIS-

POWER PS SONIC
TRUSTED BATTERY SOLUTIONS

VIKING

TECNOLOGÍA
PARA SALVAR
VIDAS

Digital Fire Industries

DigitalFireIndustries (686) 556 0090 - Mexicali

Digital Fire Industries (442) 629-6550 - Querétaro contacto@digitalfire.com.mx



Revisión de megaproyectos

Muchos de estos proyectos de infraestructura son grandes y complejos, donde el tema de la protección contra incendios incluye un gran número de actores, entre ellos, firmas de ingeniería, contratistas, autoridades y revisores de tercera parte. Por ejemplo, donde yo trabajo, hemos sido contratados como el Revisor por Pares de Protección Contra Incendios (Fire Protection Peer Reviewer) del Tren Interurbano Toluca, México. Este megaproyecto en construcción, tiene un costo de varios miles de millones de dólares y eventualmente dará servicio a 230.000 usuarios diariamente. Los temas que estamos revisando actualmente incluyen la fiabilidad de la tasa de liberación de calor de los vagones del tren, la idoneidad del sistema de control de humo y la efectividad del sistema de evacuación de los pasajeros en el bitúnel de este sistema ferroviario, temas bastante sofisticados y complejos de ingeniería de protección contra incendios.

La **Revisión por Pares** es una herramienta que se utiliza típicamente en megaproyectos para ayudar al usuario u otra parte interesada, a tomar decisiones con respecto a la idoneidad del diseño de la seguridad humana y protección contra incendios del proyecto. Por lo general, el revisor de tercera parte, o esa autoridad que en el proyecto tiene la responsabilidad

de aceptar el proyecto, solicita una Revisión por Pares para obtener una opinión fidedigna sobre la evaluación y constatar que el diseño logra los objetivos establecidos. En ingeniería de protección contra incendios, a medida que aumenta el uso de diseños basados en el desempeño en nuestra región, u otras formas de diseño que requieren un mayor rigor de ingeniería, el uso de la **Revisión por Pares** se ha hecho más frecuente. Típicamente, una firma de ingeniería de protección contra incendios, con experiencia en el tipo de proyecto que ha de ser revisado, y sin ningún conflicto ético (es decir, por ejemplo, que para el proyecto no realizó diseños o está vendiendo o instalando equipos), es la indicada para ofrecer servicios de Revisión por Pares de la protección contra incendios. ☞

JAIME A. MONCADA



DIRECTOR DE INTERNATIONAL FIRE SAFETY CONSULTING (IFSC), UNA FIRMA CONSULTORA EN INGENIERÍA DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS CON SEDE EN WASHINGTON, DC, Y CON OFICINAS A TRAVÉS DE LATINOAMÉRICA. ES INGENIERO DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS GRADUADO DE LA UNIVERSIDAD DE MARYLAND. COEDITOR DEL MANUAL DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS DE LA NFPA. EX-VICEPRESIDENTE DE LA SOCIEDAD DE INGENIEROS DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS (SFPE), QUIEN POR 15 AÑOS DIRIGIÓ LOS PROGRAMAS DE DESARROLLO PROFESIONAL DE LA NFPA EN LATINOAMÉRICA. CORREO ELECTRÓNICO JAM@IFSC.US