



2127 Brickell Av.
Miami, Florida
33129, USA

Tel. +52 728 287 7321
Cel. +52 55 2129 0567

<http://www.riscmiami.com>

Colapso Línea 12 - Metro CDMX

VS 11.05.2021

Hace 4 meses les reportamos sobre un incendio que ocurrió el 9.01.2021 en la central operativa del Sistema Metro de la Ciudad de México.

En esta oportunidad les presentamos nuestras consideraciones sobre otro siniestro de gran resonancia en el mismo Sistema Colectivo de Transporte de la CDMX, pero esta vez en un tramo elevado en operación de la Línea 12 del Metro. El colapso súbito de una trabe entre dos columnas de soporte al paso de un convoy del tren en horas nocturnas, causó la muerte de 26 personas, 80 personas heridas y cuantiosos daños materiales.

Como acostumbrado, RISC analiza estos casos para fines didácticos y de aprendizaje para los suscriptores mas jóvenes.

Introducción: En un hecho sumamente inusual, la noche del 3 de Mayo 2021, al paso de un convoy de siete vagones del metro que se dirigía hacia la Estación Olivos, una sección del tramo elevado de la Línea 12 del metro de la CDMX se colapso de forma repentina, causando el desplome de dos vagones del tren. Las primeras imágenes indican un ruptura súbita de una estructura en concreto - apoyada entre dos columnas - que se partió a la mitad. Los dos últimos vagones que cruzaban el tramo entre las columnas en este momento se quedaron colgados.

Cabe mencionar que la Línea 12 del Metro del Sistema Colectivo de Transporte de la Ciudad de México ha tenido antecedentes muy problemáticos desde el periodo de su planeación, construcción e inicio de operación. Mucho se han cuestionado aspectos de diseño, decisiones sobre el trazo de la línea, el tipo de vagones a utilizar, y fallas durante la construcción del tramo elevado, mismas que han resultado en un cierre del tramo y una reparación compleja poco después de su inauguración en Octubre del 2012.

Como el siniestro del 9.01.2021, también este caso se presta para un análisis más detallado sobre la dinámica del siniestros que se pueden evitar con una gestión de riesgo adecuada, un programa de mantenimiento apegado al diseño ejecutivo de una obra y metodologías de mantenimiento predictivas, o por lo menos preventivas.

Con base en inspecciones que hemos realizado a estructuras elevadas y metros – en construcción y en operación - revisando la información pública disponible respecto al evento, podemos relacionar toda una serie de aspectos de este incidente con temas que se pueden revisar durante una inspección de riesgo para fines del aseguramiento del bien a asegurar.

Antes de entrar en el detalle del caso, les presentamos unos recortes de periódicos que describen lo sucedido.

Reportes Periodísticos del Colapso Línea 12, Metro CDMX, 08.05.2021

Cabe mencionar que este documento se realiza para fines didácticos con base en información pública disponible. RISC no está involucrado en ninguna forma con el seguro del Metro de la CDMX.

Para entrar en el tema del análisis de este evento, a continuación presentamos las noticias de dos periódicos locales:



MARTES 4 DE MAYO DE 2021

La Línea 12 del Metro: fallas en la planeación, diseño y construcción

Este lunes por la noche, **una ballena** de la estructura de metro elevado entre las estaciones Tezonco y Olivos de la Línea 12 colapsó



Claudia Mendoza | El Sol de México

Este lunes por la noche, **una ballena de la estructura de metro elevado entre las estaciones Tezonco y Olivos de la Línea 12 colapsó**, en los momentos en que pasaba uno de los trenes. A consecuencia de ello 15 personas murieron y 34 personas resultaron heridas.

La Línea 12 del **Sistema de Transporte Colectivo Metro fue inaugurada el 30 de octubre de 2012** como la obra cumbre del entonces jefe de Gobierno, Marcelo Ebrard Casaubon. Tuvo un costo de 26 mil millones de pesos y se diseñó para que durara 50 años.

Para marzo de 2014, ya en la administración de Miguel Ángel Mancera, éste informó sobre “deficiencias” constructivas en la línea y los errores en el desarrollo de la obra. El entonces director general del Metro, Joel Ortega, anunció la suspensión del servicio en el tramo elevado de la Línea 12 (lo que corresponde a 11 de las 20 estaciones), hasta que se dieran a conocer los estudios, correcciones y mantenimiento que fueran necesarios por seguridad de los usuarios.

SYSTRA, la empresa encargada de hacer el diagnóstico explicó que la **Línea 12 presentaba fallas en la planeación, diseño y construcción**, lo que provoca un esfuerzo en las vías y su deterioro prematuro.

Esta empresa detalló que el bogie (chasis donde están los ejes de las ruedas) “no inscribe correctamente sobre la vía y hay un problema de interfaz rueda-riel en las curvas menores a 350 metros; **aunado a que el tren por su peso induce esfuerzos extraordinarios a las vías, deteriorándolas y reduciendo su vida útil**”.

Todos los involucrados en esta obra se desmarcaron y dieron su versión de los hechos. Marcelo Ebrard en entrevista con Carmen Aristegui dijo que la línea no se concluyó con “premura” ni se apresuró su inauguración. Detalló que la obra fue certificada por la empresa alemana TÜV, que dio el visto bueno para el inicio de su operación.

Las constructoras encargadas fueron **ICA, Carso y Alstom**. Entre su trabajo destaca el de las vías. En un comunicado, este consorcio sostiene que las fallas de la Línea 12 se deben a que los trenes no son compatibles con las vías.

“Lo anterior ha provocado un desgaste prematuro en todo el sistema de vías, dado que **el diseño de las ruedas no es compatible con el tipo de riel especificado** por el Proyecto Metro del Distrito Federal”, indicó.

Construcciones y Auxiliar de Ferrocarriles (CAF México) fue la encargada de proporcionar los trenes. En un boletín de prensa expuso que fabricó los trenes en estrecha colaboración con el STCM y bajo la supervisión permanente del personal de este organismo, quien avaló cada etapa de la misma, en estricto apego a la especificación técnica.

.....

Afectaciones por sismo

A causa del sismo del 19 de septiembre de 2017 fueron cerradas las estaciones Nopalera, Zapotitlán, Tlaltenco y la terminal Tláhuac, tramo en el cual el Gobierno de la Ciudad de México implementó el servicio de transporte mediante autobuses para apoyar a la población. El 30 de octubre fueron reabiertas nuevamente.

La Línea 12 corre de Mixcoac a Tláhuac, tiene 20 estaciones que pasan por las alcaldías Tláhuac, Coyoacán, Benito Juárez, Xochimilco (desde Tulyehualco), Milpa Alta, Álvaro Obregón e Iztapalapa. Traslada diario cerca de 380 mil pasajeros y tiene transbordo con las líneas 2,3,8 y7.

VÍA ELEVADA DE LA LÍNEA 12

Al menos 23 muertos y 49 hospitalizados al desplomarse un metro en Ciudad de México

La estructura sobre la que circulaba el metro de la línea 12 se derrumbó y dos de los vagones se desplomaron a una avenida repleta de vehículos a las 22:20 hora local



Accidente de metro en Ciudad de México. (Reuters)

EFE 04/05/2021 - 07:19 Actualizado: 04/05/2021 - 10:58

Al menos **23 personas murieron y otras 65 están hospitalizadas** al desplomarse en la noche de lunes un puente de la vía elevada de la **línea 12** del Metro de **Ciudad de México**, entre las estaciones de Olivos y Tezonco sobre el que circulaba un tren con varios vagones.

La estructura sobre la que circulaba el metro de la línea 12 se derrumbó y dos de los vagones se desplomaron a una **avenida repleta de vehículos** a las 22:20 hora local.

"Lamentablemente lo que ocurrió fue el vencimiento de una trabe (viga) al paso de un convoy. Se van a hacer todas las investigaciones para conocer las causas que provocaron este accidente", ocurrido poco antes de las 22.20 hora local (03.20 GMT del martes), informó la jefa de Gobierno de la capital, Claudia Sheinbaum, en conferencia de prensa en el lugar del accidente.

"Se interrumpieron las maniobras por **la debilidad que presenta uno de los vagones caídos**", añadió.

MEX782. CIUDAD DE MÉXICO (MÉXICO), 04 05 2021.- Vista general del colapso de unos vagones del metro esta noche, en la Ciudad de México (México). Al menos 13 personas murieron y otras 70 resultaron heridas al desplomarse en la noche de lunes un puente de la vía elevada de la línea 12 del Metro de Ciudad de México entre la estación Olivos y Tezonco sobre el que circulaba un tren con varios vagones. (EFE/Carlos Ramírez)

Sheinbaum dijo que **34 personas fueron trasladadas a hospitales** y algunos de los 70 heridos salieron por su propio pie. Funcionarios de la Fiscalía General de Justicia de la capital están en el lugar para identificar a los fallecidos.

El secretario de Gobierno, José Alfonso Suárez del Real, explicó que los heridos fueron trasladados a los hospitales de las alcaldías de Tlahuac e Iztapalapa, oriente de la capital.

Las primeras imágenes de vídeo muestran cómo dos vagones del metro cayeron sobre la carretera en la que en esos momentos circulaban decenas de vehículos.

Al lugar llegaron de inmediato decenas de vehículos de emergencia con más de un centenar de rescatistas para auxiliar a las víctimas y remover el tren desplomado.

En un vídeo de las cámaras del sistema de vigilancia del Gobierno de la Ciudad de México se observa cómo la estructura elevada se rompe al paso del tren, que se desploma desde una altura de unos 20 metros, y dos vagones del convoy quedan en V e impactados contra el suelo.

La instalación forma parte del puente del metro construido durante la Administración de Marcelo Ebrard (2006-2012), ahora canciller del país. La línea 12 se inauguró el 30 de octubre de 2012, pero se clausuró en marzo de 2014 por fallos y se reabrió de octubre a noviembre (en varios tramos) en 2015.

El tramo se rehabilitó bajo el gobierno del alcalde Miguel Ángel Mancera (2012-2012) posteriormente y, según los vecinos de la zona, la estructura quedó resentida por los sismos de septiembre de 2017.

El pasado 9 de enero se produjo un incendio en el centro de control del Metro de la Ciudad de México, en el Centro Histórico, que causó un muerto y al menos 30 trabajadores intoxicados, además de seis líneas sin servicio.

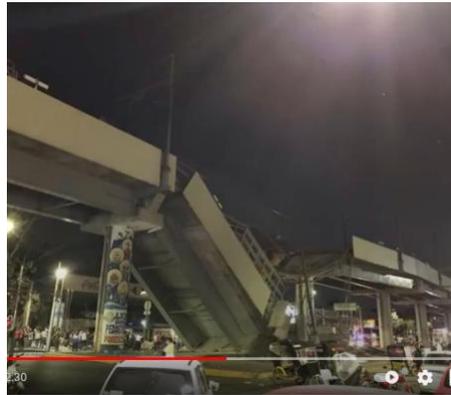
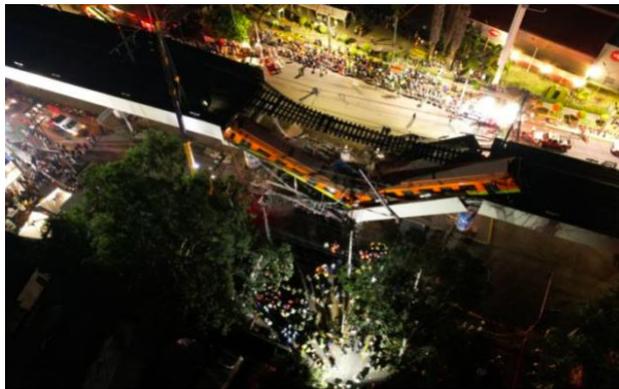
El Metro de la capital mexicana transporta a cerca de seis millones de personas todos los días laborables, lo que lo hace uno de los más transitados del mundo, aunque su demanda baja durante el fin de semana.

Diversas organizaciones de ciudadanos han criticado la precariedad de las instalaciones y la falta de mantenimiento, que causan frecuentes interrupciones en el servicio del Metro.

Fotografías de Varios Medios Públicos



2127 Brickell Av. Miami, 33129, Florida, USA
Tel. +52 728 287-7321
Cel. +52 55 2129-0567 <http://www.riscmiami.com>



Fotografías del Tramo en Construcción



Fotografías para el Análisis del Evento



Mapa de la Línea 12 (de El País)

Una línea con menos de una década

La **línea 12**, inaugurada en octubre de 2012, tiene una longitud total de **24 kilómetros**, de los cuales **11,6** transcurren sobre un **tramo elevado**.

Plano de Metro CDMX



Lugar del Accidente



Presumiblemente 12.10.2020

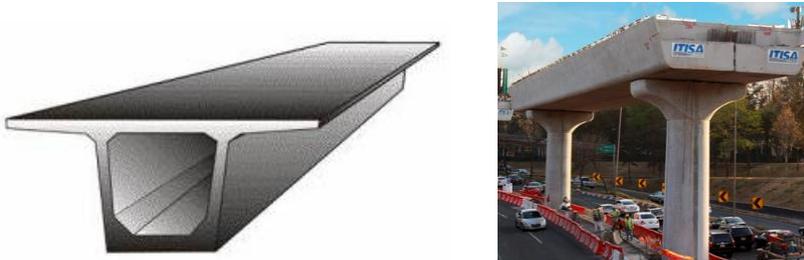


3.05.2021

Comentarios RISC

Antes de entrar en la discusión de este caso, valdría la pena aclarar unas definiciones que la prensa y funcionarios públicos utilizaron para describir los hechos. En varias declaraciones se habló de un colapso de una ballena, en otros de la caída de una trabe. A primera vista las fotografías efectivamente pueden llevarnos a pensar que se trata de una ballena, sin embargo en una apreciación mas detallada nos damos cuenta que se trata de una ruptura súbita de dos traves de acero.

Las “ballenas” son traves en concreto del tipo cajón con un cableado para el pre-tensado integrado. Su principal aplicación son superestructuras para puentes, viaductos, o tramo elevados de trenes suburbanos. La plataforma es normalmente integrada en la estructura.



sección de una ballena y su aplicación

Otro tipo de super-estructura muy común para la construcción de puentes y tramo elevados son traveses de concreto tipo AASHTO II- también pretensadas.



Traveses AASHTO II



Traveses de Acero

Otra solución para la construcción de puentes o tramos elevados son traveses de acero sobre las cuales se colocan losetas de concreto para formar la plataforma de rodadura.

Este último es el caso del tramo elevado de la Línea 12 que se colapsó. Como podemos apreciar en las fotos siguientes, dos traveses de acero encajan en los cabezales de las pilas las cuales les ofrecen el soporte. La plataforma de rodadura es constituida por losetas colocada transversalmente sobre las vigas de acero.



Pregunta Hipotética

Como de costumbre, ante un evento catastrófico, en RISC nos preguntamos si una inspección por un inspector con cierta experiencia hubiera podido dar al suscriptor una indicación sobre la calidad del bien a asegurar al momento de asumir el riesgo.

En este caso nos gustaría contemplar inicialmente el tramo elevado en su fase de construcción. Cabe mencionar que a continuación presentamos un tormenta de ideas que no necesariamente deben aplicar al caso que no ocupa, que pero nos indica la complejidad del tema y nos puede acercar a la cadena de hechos que ha provocado el siniestro.

Fase de Construcción

La inspección de una obra civil en construcción difiere de la de un riesgo en operación porque se trata de un proyecto dinámico con cambios en el entorno de exposición de riesgo que varía e incrementa con el avance de obra. Cada proyecto tiene sus características, sin embargo apegándonos al evento que analizamos quisiéramos enfocarnos en los siguientes aspectos, mismos que son temas durante la inspección de riesgo:

Experiencia de los contratistas: Proyectos complejos requieren contratistas con experiencia. En los últimos años hemos sido testigo de muchos siniestros graves en los cuales los dueños de la obra han contratado – por razones a veces inexplicables - contratistas que tenían experiencia en obras civiles sencillas, pero no en proyectos de alta complejidad. Es diferente construir viviendas que construir una carretera. Investigar los actores en un proyecto de gran envergadura es básico. Cuidado con “special purpose vehicles”, empresas constituidas especialmente para un proyecto específico.

Experiencia del ingeniero residente: Es importante que el contratista asigne la función de ingeniero residente a un técnico especializado que ya ha trabajado en proyectos similares con anterioridad. Es importante que se sepa imponer a los subcontratistas que en unos casos pueden llegar a ser un cuerpo extraño dentro del proyecto.

Diseño: En la mayoría de los casos el contratista ejecuta la obra siguiendo el proyecto ejecutivo diseñado por otro despacho. Un contratista crítico y con experiencia puede cuestionar aspectos del diseño original y entablar una discusión al respecto.

Revisión independiente del diseño: En muchos casos observamos que el diseño es del mismo dueño de la obra o de un despacho de su confianza. En estos casos hemos detectado en múltiples oportunidades que no existe una revisión independiente del diseño. Y el contratista ejecuta de acuerdo al proyecto del patrón. En RISC consideramos esta circunstancia una agravación de riesgo.

Ejecución de la obra: Es de suma importancia que haya un monitoreo que la obra se lleve a cabo de acuerdo al proyecto ejecutivo. Cambios de especificaciones (trazo, materiales, parámetros técnicos) deben ser comunicados, evaluados, y aprobados por un comité específicamente designado. Hemos visto casos en los cuales hubo cambios relevantes en el diseño de la obra sin que estos se comunicaran de forma efectiva a todos los involucrados del proyecto. En nuestros ambientes se habla de “management of change”, la gestión del cambio, para la cual existen procedimientos probados.

Control de calidad de materiales de construcción: Es importante que los materiales utilizados en la obra sigan las especificaciones de diseño en cuanto a dimensionamiento y en cuanto a calidad de los materiales. Varillas de refuerzo, chapas metálicas, vigas de concreto, travesaños de acero etc. deben ser sometidas a un control de calidad, no al 100%, pero sí a un nivel que garantice el cumplimiento con las especificaciones de diseño.

Laboratorio, pruebas de la colada de concreto: Toda obra importante debe contar con un laboratorio en el cual se pueden realizar pruebas de campo. Normalmente es el concreto que más se verifica para revisar la calidad de la colada, sin embargo también el acero de refuerzo, debe ser objeto de control de calidad.

Soldaduras en la obra: Este, tal vez, es el aspecto que muchos inspectores no le dan la importancia que merece. La calidad de la soldadura depende de muchos parámetros, entre otros del manejo de electrodos, preparación de la soldadura, precalentamiento dependiendo del espesor del material a soldar y su composición metalúrgica etc. La presencia de hornos de secado para electrodo en la obra es una buena señal que se toman en cuenta medidas para garantizar la calidad de la soldadura. El proveedor de los electrodos debe ser reconocido y los mismos electrodos deben ser de calidad probada.

Calificación de los soldadores: Todos los soldadores deben pasar exámenes que prueban su experiencia en el tipo de soldadura que se deben realizar. En las obras debe conservarse la documentación de los exámenes.

Pruebas No Destructivas: Dependiendo de la “importancia” de la soldadura, se debe establecer el porcentaje de las soldaduras que se deben someter a una prueba. En la mayoría de los casos se realizan pruebas no-destructivas (líquidos penetrantes, rayo X, ultrasonido) al 25% de las soldaduras, pero esto depende de la componente y de su función.

Proveedores de las trabes de acero: En muchos casos componentes de acero ya llegan soldadas, o parcialmente ensambladas a la obra. Es importante que los proveedores sean calificados. Muchos contratistas ya tienen un listado de proveedores pre-calificados. Con la globalización – y sin prejuicios en contra el incremento de proyectos bajo gestión china - los proyectos llaves en mano incluyen el suministro de parte del material del país de origen del contratista principal. Defectos de fabricación pueden ser comprobados únicamente con un control de calidad detallado e independiente en el sitio de obra.

Riesgos de la Naturaleza: Desde luego la ubicación de la obra juega un papel importante al determinar la exposición a terremoto, inundación y/o huracán. La experiencia del contratista, y su “local knowledge” pueden ser relevantes para el éxito del proyecto. En el pasado reciente hemos podido ver obras realizadas por empresas trasnacionales en países en los cuales el conocimiento de las condiciones locales hubiera podido evitar siniestros muy grandes. Fenómenos peculiares en una región, como los huacos en Perú, las palizadas en Bolivia, los asentamientos diferenciales en ciertas áreas de México, pueden causar contratiempos importantes a obras en construcción.

En el caso que nos ocupa – la Línea 12 del Metro - debe haber habido razones muy contundentes para tomar la decisión de realizar un tramo elevado en una zona sísmica alta, con un subsuelo lacustre y sujeto a asentamientos diferenciales.

Fase de Operación

La inspección de un metro en operación es una tarea ya compleja que implica la evaluación no solo de la obra civil, sino también aspectos organizacionales, electro-mecánicos, mantenimiento, contratos de mantenimiento con los proveedores originales de equipo, software de operación, sistemas de monitoreo, sistemas de alarmas, medidas de prevención de daños, equipo de combate contra incendio etc.

Para no divulgar demasiado, nos concentraremos en unos aspecto que consideramos interesante analizar con relación al colapso del tramo elevado de la línea 12.

Organización: Parte integral de nuestro listado de preguntas durante una inspección es la estructura organizativa de la entidad que se inspecciona. Las líneas de responsabilidades y las líneas de reporte son importantes en la evaluación.

Certificados: Un asegurado que tiene certificados ISO 9000, ISO 14000, Industria Limpia confirmado por un cuerpo certificador independiente, nos otorga una cierta confianza debido a que sus procedimientos internos han sido analizados críticamente con base en estándares de calidad internacionales.

Recursos humanos: El número de capital humano, su asignación a las diferentes áreas, los turnos de trabajo, relaciones con los sindicatos, nos indican la plausibilidad de los recursos asignados a la obra.

Mantenimiento: La estructura del departamento de mantenimiento, el número de personal asignado a este tipo de tareas, la software de apoyo a mantenimiento, el tipo de mantenimiento (correctivo, preventivo, predictivo), su documentación nos indican la importancia que el asegurado otorga a las medidas de prevención de daños. Un aspecto importante en este contexto es el interface entre el departamento de control de operaciones y el de mantenimiento.

Asignación histórica y futura de recursos a mantenimiento: Hay empresas que planean de forma muy detallada su presupuesto de mantenimiento. Tener una gráfica de la variación presupuestal a lo largo de los últimos tres años y la planeación futura del mantenimiento preventivo, nos puede dar una idea de las variaciones en los años del presupuesto de mantenimiento y nos permite cuestionar fluctuaciones importantes en el mismo.

Proyección de Inversiones (CAPEX): Inversiones mayores se planean con anticipo. En un metro son los sistema de control operacional que se deben modernizar de forma periódica para mantener los sistema de monitoreo operacional “state of art”. El reemplazo de equipo en las subestaciones, equipo rodante, equipo electro-mecánico puede ser financieramente oneroso y debe ser planeado con anticipación.

Control de Operaciones: Un sistema SCADA moderno permite al operador no solo monitorear la operación desde una central de control, sino también seguir parámetros de seguridad o de alarmas en caso de que unos indicadores queden fuera del rango de operación. Desde la perspectiva del

asegurador es importante que el operador de metro tenga estipulado un contrato de mantenimiento con el proveedor del sistema SCADA para garantizar una actualización del sistema de acorde a los últimos estándares de la técnica.

Medidas de protección / prevención: En un metro la parte eléctrica - subestaciones, transformadores, catenarias, cableado de fuerza - es un aspecto que se debe cuidar detalladamente. Por otro lado, no se puede dejar de lado la obra civil y las vías del tren. Dentro de este concepto quedan las columnas, las ballenas o vigas de acero, cimentaciones, la sub-estructura y superestructura de la plataforma de rodamiento y de las estaciones. Ahora bien: estos aspectos no son temas que un inspector puede evaluar físicamente en una inspección, más allá de una apreciación visual. Definitivamente no llega a revelar fisuras en vigas de acero u otros vicios ocultos.

Historial de eventos / siniestros (reportados o no): Este aspecto es de suma importancia para evaluar el comportamiento del riesgo a lo largo de los años. En el caso que nos ocupa ha habido varios eventos – de diseño, cambio al proyecto, graves afectaciones sísmicas - que deberían haber advertido al inspector o suscriptor sobre la calidad de la Línea 12. Este caso demuestra fehacientemente que un cierto conocimiento de las circunstancias locales es de suma importancia al suscribir o inspeccionar el riesgo.

Asentamiento diferenciales: En el contexto del “conocimiento de las circunstancias locales” es importante observar que la ubicación del tramo elevado de la Línea 12 del Metro se encuentra en la zona de terreno blando del ex lago de Texcoco, una zona altamente expuesta a sismos y sujeta a asentamiento diferenciales. Últimamente hemos tenido un caso en cual los mapas de los peligros de la naturaleza que los aseguradores consultan no daban cuenta de este aspecto. Otra vez: el inspector o suscriptor debe evaluar en detalle las circunstancias locales del riesgo que suscribe.

Consideraciones de RISC sobre el evento del 03.05.2021

Desde nuestra perspectiva, con respecto a lo ocurrido el 3 de Mayo 2021 en la Línea 12 – sin pretender de ser conclusivos, e únicamente con los elementos a la mano que fueron divulgados por los medios – ponemos a discusión lo siguiente:

1. Un inspector de una compañía de seguros – también con experiencia – difícilmente hubiera detectado una fisura causada por una fatiga de material en una trabe de acero que conforma la superestructura del tramo elevado.
2. El historial de eventos, que ha afectado la Línea 12 desde el inicio de su operación, sí hubiera sido una señal que el mantenimiento de la línea dejaba mucho a desear. Sobre todo las imágenes de columnas y traveses afectadas después del sismo de Septiembre del 2019 muestran que las reparaciones de la obra civil fueron “un mínimo necesario”. Sin embargo, cabe mencionar que el agrietamiento en columnas, desprendimientos de concreto, el acero expuesto en varias partes de la obra civil – como lo muestran unas imágenes en internet - difícilmente causan un colapso como el que ocurrió el 3.05. El quiebre de unas vigas de acero en su centro es un hecho muy inusual. La ruptura súbita de una trabe de acero más bien se origina por una fatiga de material. La imagen siguiente muestra que en medio de la trabe había una soldadura.



Es posible que en la zona de influencia de la soldadura, en medio de la trabe, se produjo una ruptura por fatiga. Este tipo de rotura se da en el tiempo, probablemente causada por vibraciones irregulares al paso del convoy. Además, la imagen nos indica que en el punto de la soldadura, la distancia de ambas vigas se abría, es decir nos encontramos en una zona de transición, es decir una zona compleja en términos de transmisión de cargas. Recordamos que en el caso de la Línea 12 los vagones tenían una rodadura de acero en vez de neumáticos como lo tienen otras líneas del metro de la CDMX. Las vibraciones irregulares causadas por el continuo pasar de los convoyes pueden haber causado la ruptura por fatiga de la viga. Si este es el caso, el peritaje lo determinará con una evaluación visual y un examen metalúrgico. Las rupturas por fatiga tiene características inconfundibles. Por otro

lado nos queda la duda si la segunda viga de acero tenía una soldadura a la misma altura de la viga que se muestra en la foto.

3. No se puede excluir un debilitamiento de las bases de unas columnas o un ligero desplazamiento de las mismas durante el terremoto de Septiembre 2019. Es posible que esta circunstancia haya causado un esfuerzo adicional a las traveses, sin embargo la conexión trabe – cabezal no debería ser rígida, por lo que, desde nuestro punto de vista, este aspecto no fue relevante en el caso del presente colapso.



Conexión Cabezal - Trabe

4. En la prensa se reportó ampliamente sobre el cambio del proyecto original de un metro subterráneo a una de tramo elevado en parte de la línea, cambio promovido por el project manager. Y la decisión de utilizar vagones con rodadura de acero, puede haber sido otro factor de cambio al proyecto que finalmente cambió la dinámica de carga de los vagones sobre la estructura elevada.



Rodamiento de Acero

Dos decisiones, que sin duda alguna han contribuido a los problemas de la Línea 12.

5. Desconocemos quien fabricó las trabes de acero, y si el proveedor estaba informado que trenes con rodadura de acero sería el medio de transporte a utilizar. El hecho que después de unos meses de operación se tuvieron que reparar las vías del tren por incompatibilidad entre el equipo rodante y las vías, nos indica que en este proyecto hubo un grave deficiencia en la comunicación entre el project manager (Sistema de Transporte Colectivo Metro), los diferentes contratistas y proveedores de equipamiento. Tan grave es la falta de comunicación entre las partes, que se puede llegar a cuestionar si el diseño de la estructura del tramo elevado corresponde a la carga de los convoyes que recorrían el tramo.
6. Rescatamos nuestros comentarios cuando analizamos la explosión de un transformador en la subestación central del metro en Enero 2021:

***Organización del Sistema de Transporte Público en la CDMX:** Interesante notar también que desde un punto de vista organizativo puede haber oportunidades de mejora en la estructura organizativa. El Metro de la CDMX es un eslabón de varios que “compiten” entre ellos dentro del sistema de transporte público de la ciudad que, a veces, están sujetas a decisiones de carácter político que pueden influenciar la asignación de (los limitados) recursos. El Metro de la CDMX compete en la asignación de recursos con el Metro-bus, el trole-bus, con recursos asignados a la construcción de nuevas líneas del mismo metro o de nuevas vías para el Metro bus. En este contexto puede sufrir la partida de “mantenimiento” asignada a cualquier de los eslabones antes mencionados.*

Actualmente se está construyendo la ampliación de la Línea 12 (subterránea) entre la Estación Mixcoac y Observatorio. Es posible que se hayan reasignado partidas de mantenimiento al financiamiento de la ampliación de la línea. Esto es especulación, sin embargo, es un aspecto que se debe tener en mente si se busca la cadena de eventos que han causado el desastre de hace unos días.

Conclusión

Desde nuestra perspectiva – con base en la información pública disponible - el colapso de la Línea 12 del metro de la CDMX se debe a un accidente que tiene su origen en la fase de diseño y construcción de la Línea 12. La tipología de la ruptura súbita de dos vigas de acero indican una ruptura por fatiga, mismas que se desarrollan a lo largo del tiempo.

Desde una perspectiva didáctica, este evento nos muestra unos detalles que probablemente se descuidaron en el desarrollo del proyecto y que contribuyeron al evento:

- Un Project Management con graves deficiencias de comunicación con los diferentes contratistas y proveedores involucrados
- Falta de una revisión independiente de la ejecución de la obra con respecto a las especificaciones de diseño originales
- Falta de un procedimiento claro de “management of change” es decir gestión de cambios en el proyecto durante la fase de construcción
- Control de calidad de los materiales que llegan a la obra (en este caso las vigas de acero).

Desde luego, será el dictamen de los peritos de Norske Veritas a determinar las causas exactas del siniestro con base en sus investigaciones oficiales.

En este caso debemos admitir que un inspector de riesgos difícilmente hubiera detectado defectos en las soldadura de las vigas. Por otro lado, ciertos aspectos en la operación, incluyendo el mantenimiento, la asignación de recursos financieros a la modernización de la Línea, y/o la actualización de SCADA, hubieran podido hacer luz sobre la calidad del riesgo.

Un último comentario: mantener abierto el tramo elevado bajo las circunstancias actuales es una decisión política que debería ser sustentada técnicamente a la brevedad.