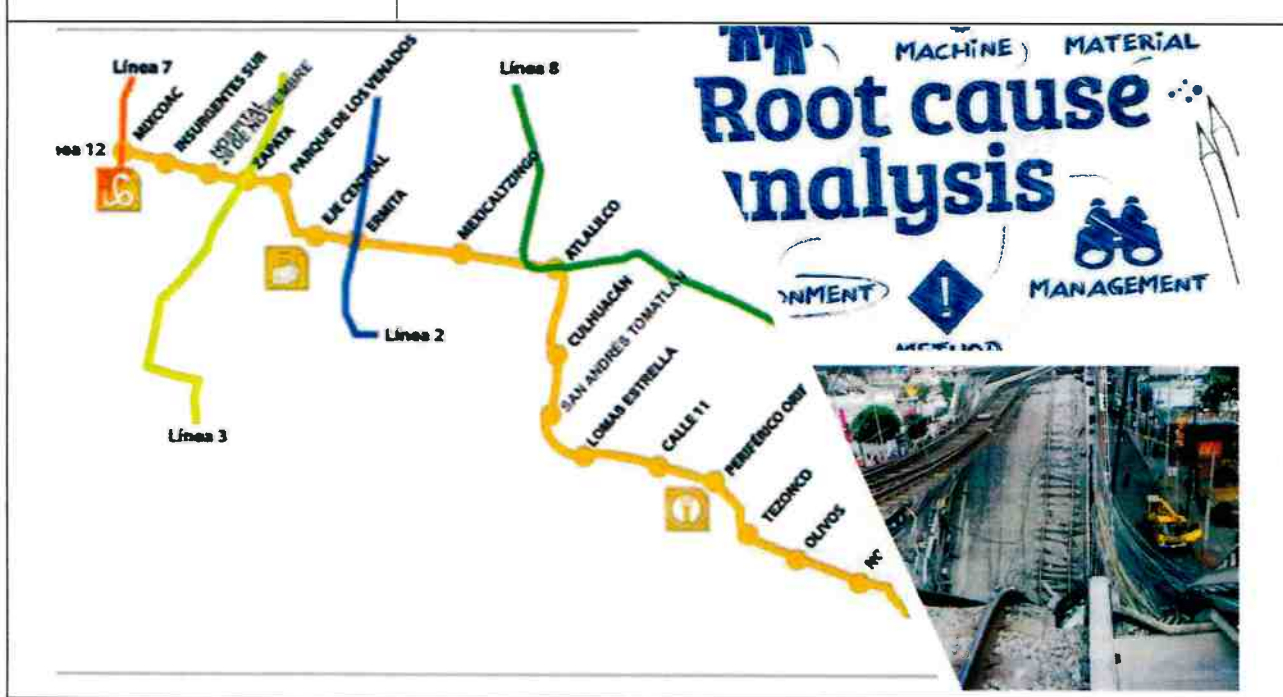




DICTAMEN TÉCNICO DEL INCIDENTE OCURRIDO EN LA LÍNEA 12, EN EL TRAMO ELEVADO ENTRE LAS ESTACIONES OLIVOS Y TEZONCO, ENTRE LAS COLUMNAS 12 Y 13, Y ANÁLISIS DE CAUSA-RAÍZ

Dictamen Preliminar – Fase I

CLIENTE: Secretaría de Gestión Integral de Riesgos y Protección Civil de la Ciudad de México

Reporte No.: T1148816-2021-SGIRPC-ACR-L12 REV. 1



Rev.	Descripción	Fecha	Cargo	Nombre	Firma
1	Dictamen Preliminar	Jun 16, 2021	Project Sponsor	Eckhard Hinrichsen	
1	Dictamen Preliminar	Jun 16, 2021	Representante Legal	Ausencio López	

INDEX

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	RESUMEN EJECUTIVO.....	1
III.	ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN.....	4
III.1	Fase I – Enfoque para la opinión técnica independiente	4
III.2	Fase II – Enfoque técnico para la investigación de la causa inmediata	4
III.3	Fase III – Enfoque técnico para el análisis de la causa raíz	4
III.4	Estructura del equipo de Investigación de DNV y Programa de Trabajo	6
IV.	DESCRIPCIÓN DEL EVENTO	8
V.	RESUMEN DE LAS ACTIVIDADES DESARROLLADAS EN LA FASE I	9
V.1	Visitas a la Zona del Incidente	9
V.2	Proceso de obtención de pruebas y solicitud de documentos	27
V.3	Entrevistas a testigos	28
V.4	Datos de muestreo de concreto	29
VI.	HALLAZGOS PRELIMINARES EN LA FASE I	36
VII.	ACTIVIDADES A SEGUIR.....	37
VIII.	LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN A LA FECHA	38



I. INTRODUCCIÓN

Este reporte integra los hallazgos preliminares de la Investigación independiente que realiza DNV.

DNV continua con la revisión de las evidencias documentales y de partes en los diferentes procesos tales como diseño, construcción, operación, rehabilitación y reparaciones; a efectos de determinar la relevancia de cada uno de dichos hallazgos, así como su contribución con el incidente.

II. RESUMEN EJECUTIVO

El 3 de mayo de 2021, parte del tramo elevado de la Línea 12 (L12) entre las estaciones de Olivos y San Lorenzo Tezonco colapsó entre las columnas 12 y 13 (el incidente). Este documento contiene un informe de las actividades de la Fase I realizadas durante el período del 12 de mayo al 11 de junio de 2021 por el equipo internacional y multidisciplinario de expertos de DNV GL México S. de R.L. de C.V. (DNV).

DNV fue contratada por la Secretaría de Gestión Integral de Riesgos y Protección Civil (SGIRPC) del Gobierno de la Ciudad de México (GCM) para el proyecto "SERVICIO DE DICTAMEN TÉCNICO DEL SINIESTRO OCURRIDO EN LA LÍNEA 12, EN EL TRAMO ELEVADO ENTRE LAS ESTACIONES OLIVOS Y TEZONCO, ENTRE LAS COLUMNAS 12 Y 13, Y ANÁLISIS DE CAUSA-RAÍZ "(el proyecto). El objetivo del proyecto es proporcionar experiencia en las diferentes fases de la investigación: Fase I, Pre-Dictamen Técnico; Fase II, la investigación de la causa inmediata (también conocida como investigación de fallas); y, Fase III, el análisis de la causa raíz (ACR). El objetivo de la opinión técnica de un tercero independiente es recolectar y preservar las evidencias para las fases posteriores de la investigación, así como recabar observaciones iniciales del incidente. El objetivo del análisis de causa inmediata es determinar la causa material o el modo de la falla (por ejemplo, fatiga, sobrecarga, diseño, procedimientos constructivos, deficiencias en el control de calidad, etc.) de los componentes asociados con el incidente. Finalmente, el objetivo del ACR es identificar problemas sistemáticos que, si se cambian, podrían evitar que ocurra un incidente similar.

El Sistema de Transporte Colectivo (STC) opera la L12, la cual tiene 23 km y 722 m de longitud con un total de 20 estaciones, incluyendo cuatro (4) interestaciones (Mixcoac, Zapata, Ermita y Atlalilco) y dos (2) estaciones finales (Tlahuac y Mixcoac). El mapa en la siguiente página identifica la ruta de la L12 dentro de Ciudad de México (CDMX) y muestra la ubicación del incidente, objetivo de esta investigación, en la L12 (rectángulo rojo):



Figura I.1 Mapa de la L12 que opera entre Mixcoac (Sur de CDMX) y Tláhuac (Sureste de la CDMX)



<http://www.stc.df.gob.mx/sabias/linea12>

Los trenes que operan en la L12, del modelo FE-10, fueron fabricados por Construcciones y Auxiliar de Ferrocarriles S.A. (CAF). Estos trenes se componen de siete vagones: dos locomotoras (FR) y cinco vagones de pasajeros (FN). Los vagones están organizados de la siguiente manera: FR-FN-FN-FN-FN-FN-FR. Cada vagón cuenta con dos (2) bogies, que son chasis de cuatro ruedas que llevan el juego de ruedas unido a la carrocería de los vagones del tren. La interfaz entre el tren y la vía es metálica (rodadura férrea).

La mayoría de las líneas operadas por STC utilizan rodadura neumática, con la excepción de las Líneas A y 12. Estas líneas están equipadas con laminación con base de acero fabricada por CAF (para modelos FE-07 y FE-10, respectivamente).

Figura I.2 Laminado con base neumática (lado izquierdo) versus laminado con base de acero (lado derecho)



www.google.mx



Figura I.3 Laminado a base de acerto de las series FE-07 y FE-10 fabricado por CAF. La FE-10 es operada en la L12 por STC



Visita al sitio del incidente

Algunas características del modelo FE-10, con rodadura férrea operado en L12, son las siguientes:

- De los 30 trenes que operan en la línea, cada uno cuenta con 7 vagones.

La capacidad de pasajeros en cada tren es de: 1.475 pax (336 sentados y 1.139 de pie).

- Ancho del vagón: 2,8 m,
- Longitud de la locomotora (FR): 20,50 m,
- Longitud del vagón (FN): 20 m,
- Longitud de un tren: 141 m.

III. ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN

El alcance de la investigación de DNV sobre el siniestro ocurrido en la L12 se limita al dictamen preliminar (Fase I), investigación de la causa inmediata (Fase II) y el ACR (Fase III). El objetivo del proyecto es identificar la (s) causa (s) del colapso de un tramo de la L12 entre las estaciones Olivos y San Lorenzo Tezonco, así como desarrollar recomendaciones para prevenir la recurrencia de este evento o eventos similares en el futuro.

La evacuación y plan de respuesta de emergencia están fuera del alcance de esta investigación. Los descargos de responsabilidad sobre el contenido de este informe se proporcionan en el Anexo A.

III.1 Fase I – Enfoque para la opinión técnica independiente


DNV está llevando a cabo una serie de investigaciones in situ para documentar fotográficamente el lugar del siniestro y registrar las evidencias de posición así como durante la fase de recopilación y conservación de evidencias de partes para las pruebas necesarias en el proyecto. Como parte de las investigaciones in situ, se están realizando inspecciones visuales de los componentes estructurales para identificar áreas de interés para su posterior análisis y, con base a lo anterior, obtener las muestras para corroborar el cumplimiento de las condiciones de materiales establecidos en el diseño (características y propiedades del concreto, propiedades de las varillas utilizadas en el armado y características y propiedades de la estructura metálica). Se han recolectado y enviado muestras a los laboratorios previamente seleccionados para que DNV atestigüe las pruebas y análisis especificados previamente. En este reporte se incorporan las observaciones iniciales de esas visitas al sitio.

III.2 Fase II – Enfoque técnico para la investigación de la causa inmediata

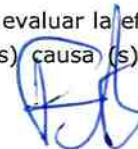
Después de que las muestras se hayan entregado a los laboratorios para su análisis, DNV desarrollará un alcance de trabajo específico para respaldar la determinación de la causa inmediata del incidente. La supervisión de las pruebas estará a cargo de los expertos de DNV en metalurgia y concreto. Los resultados de las pruebas y análisis se revisarán y se utilizarán como base para los cálculos y modelaciones estructurales, que serán realizados por los especialistas en estructuras de DNV para evaluar las condiciones de carga de la línea en el momento del incidente. Los resultados de las pruebas y análisis metalúrgicos, los cálculos estructurales, las observaciones y los datos recogidos in situ y la revisión de los documentos solicitados se utilizarán para determinar la causa inmediata del incidente (es decir, el modo de falla). Los hallazgos de la investigación para determinar la causa inmediata se ampliarán en el ACR donde se identificarán factores contribuyentes y problemas sistemáticos.

III.3 Fase III – Enfoque técnico para el análisis de la causa raíz

El análisis causal es el núcleo de la investigación de incidentes. Este análisis utiliza un método sistemático de procesamiento de la evidencia recopilada durante una investigación para identificar los factores resultantes del incidente. El análisis comienza con la caracterización del incidente y avanza hacia atrás, hacia la(s) causa(s) raíz. Este enfoque ayuda en el desarrollo de medidas correctivas. DNV utilizará la técnica de análisis causal sistemático basada en barreras (BSCAT™) para determinar la (s) causa (s) raíz del incidente.



BSCAT™ es una metodología que permite el análisis de incidentes complejos mediante el examen de las barreras al incidente. Un diagrama de pajarita simplificado se usa a menudo en BSCAT™ para identificar las barreras que deberían haber estado en su lugar para prevenir la amenaza que condujo directamente al incidente (es decir, la causa inmediata del incidente) y las barreras que estaban o deberían haber estado colocadas para mitigar las consecuencias después de un incidente. Para esta investigación se identificarán y evaluarán las barreras preventivas. Una vez identificadas las barreras, se aplicará un análisis causal sistemático a cada barrera utilizando la metodología BSCAT™ para evaluar la eficacia de las barreras individuales. Usando las barreras identificadas, se determinará la (s) causa (s) raíz del incidente.



III.4 Estructura del equipo de Investigación de DNV y Programa de Trabajo

III.4.1 Equipo de investigación DNV

El equipo de DNV está integrado por los siguientes especialistas:

- Project Sponsor
 - Eckhard Hinrichsen, Director General DNV México

- Coordinación del Proyecto
 - Enone Cao Fraga, Ingeniero Especialista
 - Milagro González Santiago, Gerente de Análisis de Riesgo

- Columbus, Ohio, USA –Expertos en Análisis Causa Raíz
 - David Norfleet, Doctor en Ciencias de Materiales, Gerente del área de Investigación de Incidentes
 - Barbara N. Padgett, Líder de Análisis Causa - Raíz

- San Diego, California, USA – Expertos Geotécnicos y civiles (especialistas en concreto)
 - Mathew Rogers, Especialista Líder Geotécnico y estructural
 - Eric Ntambakwa, Especialista Líder Geotécnico y Estructural
 - Nicolas Peralta Perez, Doctor en Estructuras

- Hamburgo, Alemania – Expertos en materiales y estructuras
 - Thomas Jahnke, Especialista Líder, ingeniero estructural -ductos y materiales
 - Jorge Vallebuena, Especialista Líder, ingeniero estructural, VMC y estructuras

- Madrid, España – Experto en sistemas ferroviarios
 - Jorge Aldegunde, Consultor Líder en sistemas ferroviarios

- México – Expertos en diversas especialidades
 - J. Raúl Avilés Atrián, Coordinador de integridad mecánica
 - Artemio Oropeza, Inspector en garantía técnica/certificación
 - Aquileo Segura, Especialista en garantía técnica/certificación
 - Gustavo Godínez, Asesor Líder y KCM
 - Carlos Godínez, Asesor Líder

Información adicional acerca de la empresa DNV se integra en el Anexo B, el organigrama del grupo de especialistas y resumen de experiencias se integra en el anexo E.

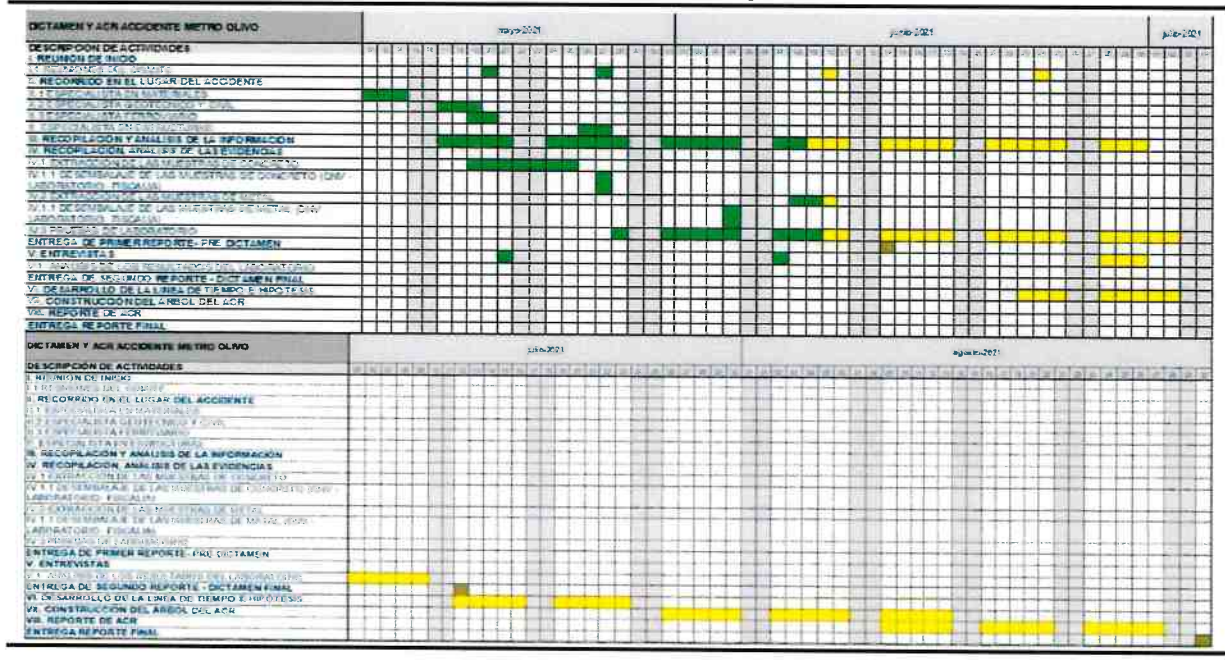


III.4.2 Programa de trabajo

Las actividades para el programa de la investigación del incidente de la L12 fue establecida por DNV y aprobado por la SGIRPC.

El programa de trabajo se muestra en la siguiente figura:

Figura II.4.2.1 Programa de trabajo



[Handwritten signatures in blue ink]

IV. DESCRIPCIÓN DEL EVENTO

El lunes 3 de mayo de 2021 a las 22:22 hrs, una sección del puente elevado ubicado entre las estaciones Olivos y San Lorenzo Tezonco en la L12, colapsó entre las columnas 12 y 13. La sección colapsada se ubicaba a aproximadamente 200 m de la plataforma de la Estación Olivos. El incidente ocurrió mientras un tren viajaba desde la estación San Lorenzo Tezonco hasta la estación Olivos (de oeste a este) con los vagones 6 y 7 del tren coincidiendo en la sección derrumbada del puente de concreto. Como resultado del incidente se reportaron al momento de emitir este reporte un total de 26 fatalidades y 106 lesionados.

Figura III.1 Vista area de la zona del incidente



www.google.mx/map

El puente de concreto y acero falló aproximadamente en la mitad del tramo, cerca del lugar donde una pequeña viga diagonal de la tercera vía se une a la viga principal en dirección norte. El puente de concreto y acero se fracturó en dos secciones (Sección Oeste y Sección Este). Tras el incidente, la sección oeste se quedó tendida en el suelo y la sección este permaneció apoyada parcialmente con un extremo en la parte superior de la columna de soporte 12 y el otro extremo en contacto con el suelo.



V. RESUMEN DE LAS ACTIVIDADES DESARROLLADAS EN LA FASE I

V.1 Visitas a la Zona del Incidente

Un equipo multidisciplinario de expertos en la materia de DNV han realizado varias investigaciones in situ sobre el incidente L12. El 12 de mayo de 2021, el equipo de DNV se movilizó al lugar del incidente para presenciar las actividades en curso y documentar con fotografías la evidencia de la sección colapsada de la L12 entre las estaciones Olivos y San Lorenzo Tezonco, registrando las siguientes observaciones que se detallan a continuación.

Adicionalmente, y durante este período de trabajo, se inicia la revisión documental de las más de 13,000 carpetas del expediente existente de la Línea 12 en investigación.

- a) Se observa la deformación en las vigas que conforman el puente de concreto-acero, tanto en la Trabe Lado Sur (sección sobre la cual rodaba el tren en el momento del incidente), Trabe Lado Norte y la Trabe de la Bifurcación, denominada Vía en "Y".

Deformación y fractura en las vigas que conforman el puente de concreto acero, tanto en la Trabe Lado Sur (T-1) sección sobre la cual rodaba el tren en el momento del incidente, Trabe Lado Norte (T-3) y la Trabe de la Bifurcación (T-6), denominada Vía en "Y".

Figura IV.1.1- Alma de la trabe sur (T-1)



Visita al sitio del incidente



Figura IV.1.2- Alma de la trabe T-1



Visita en zona del incidente

Figura IV.1.3- Conexión trabe T-3-trabe puente- trabe T-6



Visita en zona del incidente

- b) Se observan fracturas en los elementos de los sistemas de contraventeo, con desprendimientos de material de los refuerzos, fracturas en almas (de las tres traves descritas anteriormente) y en soldadura de la junta de conexión en Trabe de Bifurcación con Trabe Lado Norte y en soldaduras adyacentes.



Figura IV.1.4– Unión Trabe T-7 y contraventeo



Detalle del contraventeo (CV1) – trabe T-7



Vista general del contraventeo (CV1) – trabe T-7

Handwritten blue mark, possibly a signature or initials.

Handwritten blue mark, possibly a signature or initials.

Figura IV.1.6 Unión Trabe T-1 y Contraventeo



Detalle de trabe T-1 – contraventeo CV-1



Vista general de trabe T-1 – contraventeo CV-1

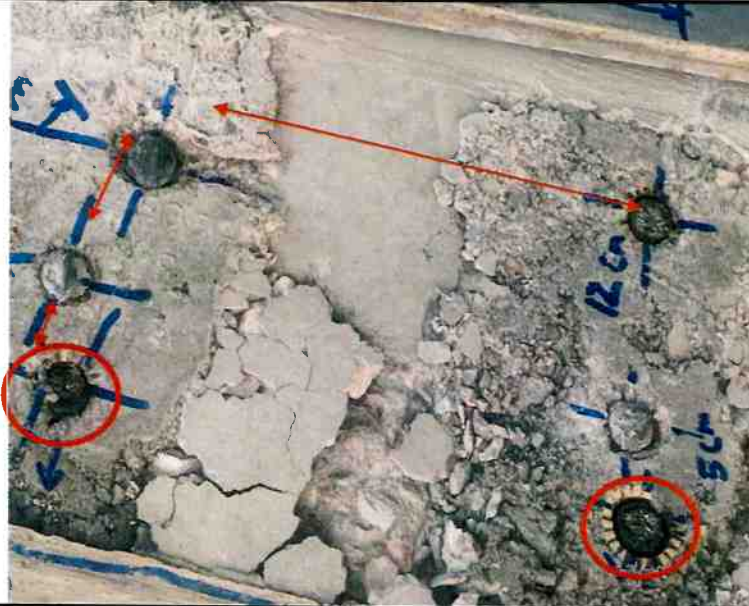
- c) Se observa un desplazamiento de las trabes, el cual permitió observar concretos diferentes y algunos de los pernos desoldados de las trabes, estos pernos denotan una deficiencia en el proceso de soldadura aplicado. Además, se observan diferentes tipos de concreto en la tableta, presumiblemente debido a posición por diseño de pernos y por modificación en condiciones de campo.

[Handwritten signature]

Figura IV.1.7 – Detalle de los pernos Nelson



Los círculos rojos resaltan la ubicación de los tornillos y el rectángulo azul resalta la presencia de un concreto diferente frente a la referencia prefabricada



Círculos rojos están resaltando los pernos donde aún queda el remanente de la protección cerámica para la ejecución de la unión entre perno y viga, los pernos presentan deficiencias en las superficies observadas en la unión, además las distancias entre los pernos no son equidistantes. Por lo cual no cumple con el diseño

Figura IV.1.8 – Detalle de los pernos Nelson



DNV continua evaluando la calidad de la soldadura y falta de fusión

- d) Con relación a lo anterior, en las secciones que colapsaron se observa una condición similar, es decir, la evidencia de no tener la totalidad de los pernos requeridos en el plano de diseño, y/ o huellas de soldadura de pernos posiblemente soldados, los cuales presumiblemente se desprendieron tras el incidente.

Figura IV.1.9–Trabes T-7, T-1 y T-6



Evidencia que el número de Pernos Nelson en la trabe T-7 no coinciden con los indicado en los planos de diseño

Handwritten blue annotations: a downward-pointing arrow and a signature.



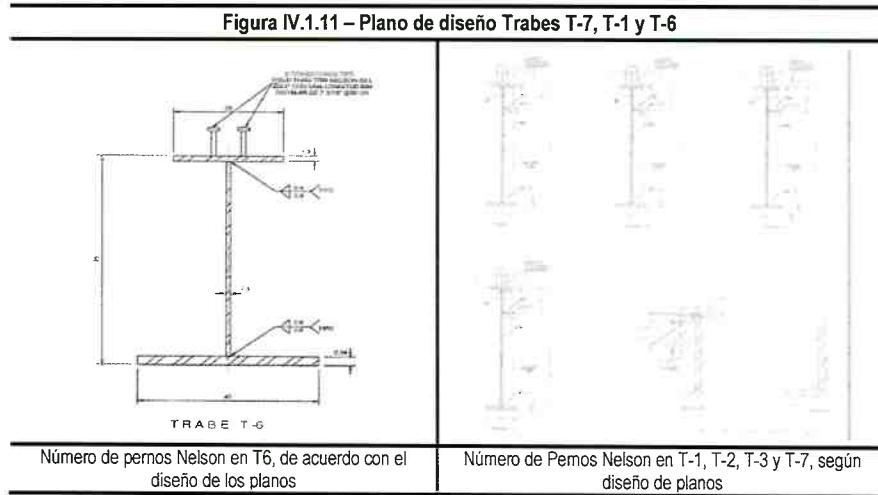
Figura IV.1.10 –Trabes T-7, T-1 y T-6



Evidencia que el número de Pemos Nelson en la trabe T-1 no coinciden con los indicados en los planos de diseño



Evidencia que el número de Pemos Nelson en la trabe T-6 no coinciden con los indicados en los planos de diseño



Además, se observó en la sección de la trabe sur del lado oriente, la cual se inspeccionó ya en el taller de resguardo, una inconsistencia en cuanto al número de pernos instalados:



Como resultado del colapso de la sección del puente, se observa el balasto esparcido y sobre algunas secciones de interés en las traves y tabletas prefabricadas de concreto, material estructural, cableado, etc., por lo que se acuerda proceder a su retiro, llevando a cabo una secuencia o protocolo de ejecución de retiro. Las actividades observadas incluyeron: retiro de lastre, amarre y corte de sistemas eléctricos y mecánicos, y retiro de todos los elementos y componentes de la vía.

Posterior a la limpieza del sitio del incidente, los especialistas de DNV, identificaron lo siguiente:

- a) Se observa una soldadura no concluida en la Trabe de la Bifurcación, en su unión con la Trabe Puente, y rotura total de una soldadura en la Trabe Puente, denotando la inclusión de un material ajeno (varilla) aproximadamente a la mitad de la preparación de la junta, al parecer esta unión fue realizada en sitio y quizás después de un ajuste en sus dimensiones, para su montaje final, denotando deficiencias en la preparación y ejecución de la soldadura.

Figura IV.1.12- TrabeT-6 girder- trabe puente



Soldadura no concluida en la junta de la sección trabe T-6 y trabe Puente

Trabe T-7 mostrando deformación y desprendimiento de la luminaria de soporte

- b) Se observan huellas de impacto de los pernos, presumiblemente desprendidos sobre la superficie de la trabe T-1 en el lado sur, posiblemente producto de las vibraciones generadas por la operación:

Figura IV.1.13 – Huellas de Impacto



Huellas de Impacto por vibración en T-1

[Handwritten blue signatures]



- c) Se observa la condición de desprendimiento y rotura del cabezal de concreto (lado oeste), en donde por diseño, se tiene la sección fija del puente, como consecuencia del colapso.

Figura IV.1.14- Topes sísmicos



Vista suroeste



Vista Noroeste



Vista sureste



- d) Durante la visita al sitio, el especialista de DNV identificó una "ubicación similar" en la orientación Este - Oeste, desde la falla potencial, cerca de la estación San Lorenzo Tezonco.

Figura IV.1.15- Ubicación similar al sitio del incidente L12



Visita a la zona del incidente

- e) Detalles observados por los ingenieros civiles expertos:

Figura IV.1.16 Detalles de Varillas

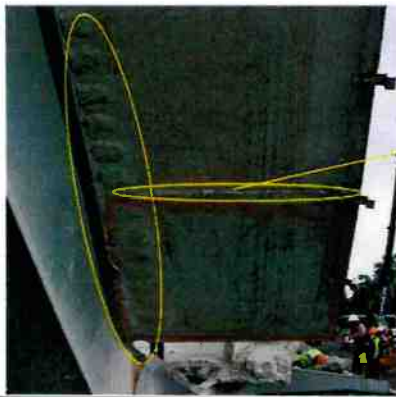


La distancia entre el acero de refuerzo y la superficie superior de la losa no refleja las dimensiones requeridas de recubrimiento.

No se identificó evidencia obvia de una falla / grieta preexistente en las superficies de fractura de la zona de falla inspeccionadas, se verificará con pruebas de laboratorio adicionales.

Visita al sitio del incidente

Figura IV.1.17 Detalles de resanes de concreto en tableta de losa prefabricada



Visita al sitio del incidente

Figura IV.1.18 - Fotografía detallada de un Perno Nelson



Visita al sitio – Pernos Nelson – Dirección Oeste

- f) Detalles observados en las soldaduras de los pernos Nelson, entre los cuales se tienen los siguientes hallazgos: Deficiencia en la unión soldada del perno (falta de empuje o empuje corto hacia la viga, disminuyendo el área de fusión, corriente baja en el proceso y posibles contaminantes entre las superficies de contacto), cantidad de pernos menores a los requeridos, distancias longitudinales y transversales de separación entre pernos no uniforme, falta de eliminación de la cerámica de protección después de ejecutado el proceso de soldadura del perno disminuyendo el área de adherencia con el concreto de relleno en el área de ubicación de éstos.

* El modo de falla se determinará mediante pruebas destructivas.

g) Correspondencia de planos o dibujos con detalles de cimentación.

El punto medio de la zona de falla parece corresponder a:

- Transición de cimentación poco profunda (zapatas) a cimentación superficial apoyada sobre pilotes,
- Transición de una zona de lecho rocoso relativamente poco profundo a una zona de capa de mayor profundidad, de suelo más resistente.

No se observaron signos evidentes de esfuerzos alrededor de las columnas de soporte o el terreno adyacente.

Figura IV.1.19 - Detalles de la cimentación en la zona de falla



Ref: Plano N° o Clave PMDF-12-EST-612155-IV-0007-00925-PAB, MZO-2012

Figura IV.1.20 - Detalles de la cimentación en la zona de falla

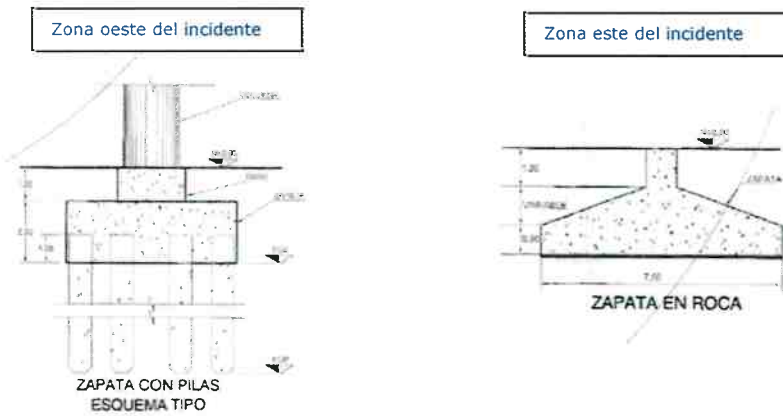
ZAPATAS CON PILAS			Zona oeste del incidente	ZAPATAS	
CADENAMIENTO	PROFUNDIDAD DE DESPLANTE PDZ (m)	LONGITUD DE PILAS PDZ (m)		CADENAMIENTO	PROFUNDIDAD DE DESPLANTE PDZ (m)
10+212.378	3.40	7.45	9+880.010	5.50	
10+287.102	3.40	11.26	10+003.968	5.50	
10+322.102	3.40	9.65	10+025.968	5.50	
10+392.102	3.40	15.73	10+047.968	5.50	
10+392.102	3.40	8.96	10+059.968	6.00	
10+412.102	5.00	10.80	10+091.968	6.15	
10+442.102	3.40	11.00	10+113.968	6.00	
10+470.102	3.40	13.37	10+134.010	6.50	
10+502.102	3.40	12.56	10+157.378	5.50	
10+530.102	3.40	10.12	10+187.378	6.20	
10+560.102	3.40	11.20	10+212.378	6.50	
10+592.102	3.40	12.00	10+242.378	6.50	
10+620.102	3.40	10.50			
10+644.381	3.40	15.50			
10+690.381	3.40	19.80			
10+888.281	3.40	20.00			
10+710.381	3.40	22.50			
10+730.381	3.40	20.50			
10+784.381	3.40	20.50			
10+774.600	3.40	33.00			

Zona este del incidente

Ref: PMDF-12-MS-612155-IV-0006-01606-P-AB

Handwritten blue signatures and initials are present at the bottom of the page, including a large signature on the left and a set of initials on the right.

Figura IV.1.21 - Detalles de la cimentación en la zona de falla



Ref: PMDF-12-MS-612155-IV-0006-01606-P-AB

- h) La inspección visual de la superficie del riel (en el área inspeccionada) no reveló defectos importantes y se observó en estado normal, de acuerdo con la condición del paso de los trenes. El personal de STC confirmó que se realizan actividades diarias de mantenimiento preventivo. Las actividades de mantenimiento preventivo son parte de un plan de mejora de la línea que se desarrolló luego de que se identificaron fallas y defectos, posterior al período de operación inicial entre 2012 y 2014. No se observaron problemas geométricos importantes para la sección de la vía inspeccionada.

Figura IV.1.22 - Detalles de la superficie del carril



Visita al sitio del incidente

Se observó que los componentes de la vía, como los gabinetes y los motores de interruptores, estaban en buenas condiciones.

Figura IV.1.23 - Componentes de la pista



Visita al sitio del incidente

También se realizó una inspección visual del balasto, observando que algunas rocas del mismo han adquirido una apariencia más redonda (quizás debido al desgaste). La mayor parte del balasto observado parece adecuado para su propósito, proporcionando asentamiento y absorbiendo la vibración de la interfaz rueda-carril.

Figura IV.1.24 – Detalle de Balasto



Visita al sitio del incidente

Los componentes del carril asociados con el subsistema de señalización se observaron en condiciones normales de operación.

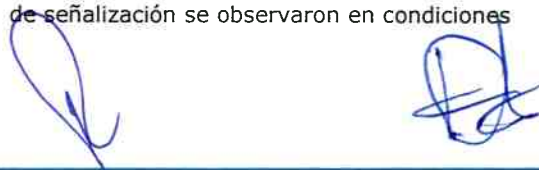
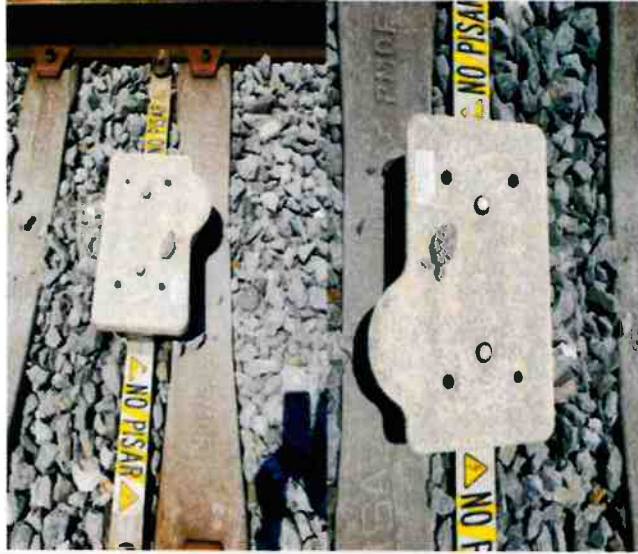




Figura IV.1.25 - Detalles de los componentes de la pista



Visita al sitio del incidente

- i) Derivado de la evaluación estructural en el lugar del incidente, se identificó que el puente colapsó aproximadamente en la mitad del tramo, próxima a la ubicación donde una pequeña trabe diagonal procedente de la tercera trabe se une a la trabe principal, en el lado norte. Resultando del colapso, el puente se fracturó en dos secciones: sección oeste y sección este, permaneciendo la sección oeste tendida en el suelo y la sección este parcialmente apoyada con un extremo en la parte superior de la columna de soporte 12, y el otro extremo en contacto con el suelo.

Durante la inspección visual de las dos traves de acero principales de la sección este, se observó que dichas traves no se encontraron tan deformadas como las de la sección oeste.

Figura IV.1.26 - Parte este del puente colapsado



Visita al sitio del incidente

Handwritten blue signature or mark.

Handwritten blue signature or mark.

En relación a lo anterior, se observó la deformación en el alma y la fractura en el patín inferior. Dicha fractura se ubicó por encima de la soldadura de filete que une el alma al patín (ver imagen abajo).

Figura IV.1.27 - Trabe de acero principal, lado sur de la parte oeste



Visita de sitio del accidente

[Handwritten signature]

V.2 Proceso de obtención de pruebas y solicitud de documentos

La recolección de evidencia utilizando documentos asociados con el diseño, construcción, operación y mantenimiento de un componente o sistema es una parte importante de cualquier investigación de incidentes. El objetivo de la recopilación de pruebas es establecer un cronograma de eventos y facilitar la identificación de las causas subyacentes.

En la reunión de inicio de la investigación realizada en las oficinas de la SGIRPC durante la semana del 14 de mayo de 2021, SGIRPC y DNV establecieron el proceso de comunicación para solicitar y recibir información. Este proceso se ilustra en la figura IV.2.1.

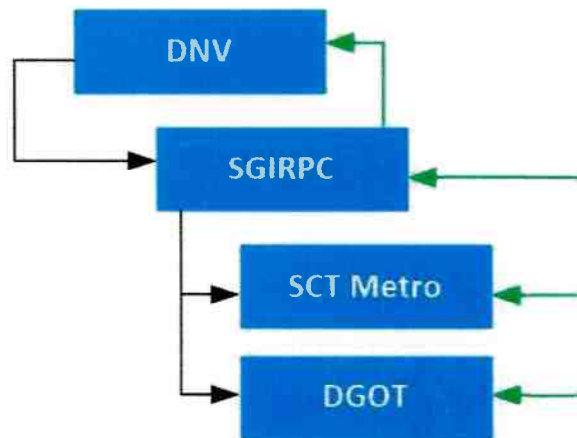


Figura IV.2.1 Acuerdo para solicitudes de información

DNV ha identificado los documentos requeridos para la realización del ACR, y ha solicitado los documentos de acuerdo con el proceso descrito anteriormente. En el Apéndice C de este reporte se incluye una lista con los documentos solicitados y la información contenida en ellos.

Existe una gran cantidad de documentos relacionados con el diseño, la construcción, el mantenimiento y la operación del L12, los cuales se almacenan principalmente en formato impreso. DNV ha trabajado con las autoridades para obtener la información de la manera más oportuna posible.

[Firma manuscrita]

V.3 Entrevistas a testigos

Los especialistas de DNV realizaron entrevistas con el personal del STC, siguiendo una agenda sugerida y una serie de tópicos generales para entender el funcionamiento del STC así como las principales responsabilidades e interacción entre las áreas de la organización. Todas las entrevistas realizadas se llevaron a cabo en las instalaciones del STC (sede de Ingeniería y Desarrollo Tecnológico) con la asistencia de representantes de SGIRPC.

Los objetivos de las entrevistas fueron recolectar información sobre la organización del STC y el funcionamiento de L12 incluyendo su confiabilidad, disponibilidad, operación, mantenimiento y sistemas de seguridad.

La Tabla IV.3-1 enumera los nombres del personal clave entrevistado por DNV. Los puntos clave de las declaraciones de los entrevistados se incorporarán a la evaluación del ACR.

Tabla V.3-1
Lista de personal entrevistado por DNV

Name	Role	Company
Joel Álvaro Carmona Callejo	Dirección de Ingeniería y Desarrollo Tecnológico	STC
Danieo Guerra Maranto	Gerencia de Sistemas e Investigación de Incidentes	STC
Omar Moya Rodríguez	Gerencia de Instalaciones Fijas	STC
Alejandra Flores Saldívar	Gerencia de Obras y Mantenimiento	STC
Roberto Clemente Ángeles Mendoza	Dirección de Mantenimiento de Material Rodante	STC
Fermín Rafael Ramírez	Subgerencia de instalaciones mecánicas y vías	STC
Benito Decebal Chávez Gaftoi	Coordinador de vías III	STC
Luis Aranda Terrones	Gerencia de Seguridad Institucional	STC
Javier Alejandro Viñolo Uriarte	Representante técnico	CAF
Rodrigo García Flores	Operador de Tren	STC
Ma. Isabel Lira Aguilar	Regulador de PCC de transportación	STC
Hugo Medrano Sosa	Insp. Jefe de estación de transportación los Olivos	STC
Jorge Patiño Martínez	Insp. Jefe de estación de transportación los Tezonco	STC

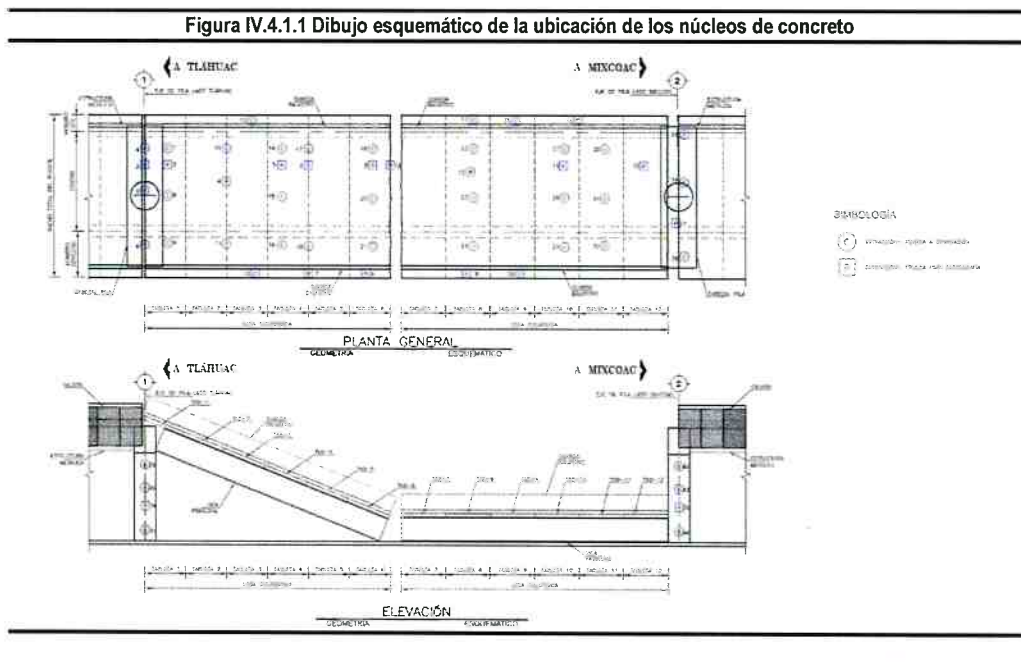
El proceso de entrevistas a personal involucrado sigue activo, y DNV continuará realizando entrevistas a personal relevante. Derivado de las mismas se están solicitando evidencias adicionales de documentación para ser evaluadas.

V.4 Datos de muestreo de concreto

Como parte del proceso de investigación, y una vez que se finalizó el retiro del balasto, uno de los expertos en concreto de DNV realizó una serie de visitas al sitio para establecer el número, tipo y ubicación de las muestras a obtener, las cuales permitirán conocer las características y propiedades del concreto para su inclusión en el análisis a realizar.

V.4.1 Muestras de Concreto

DNV identificó un total de 52 ubicaciones para la obtención de los núcleos de concreto. El siguiente esquema muestra las ubicaciones identificadas:



El 19 de mayo de 2021, el Laboratorio de Gerencia de Estudios de Ingeniería Civil comenzó con el marcado de la ubicación de los núcleos de concreto a muestrear. El 20 de mayo de 2021 se inició el proceso de extracción de dichos núcleos, y la actividad se completó el 25 de mayo de 2021 después de haber extraído 52 núcleos de concreto.

Figura IV.4.1.2 Proceso de núcleos de concreto



Instalación del equipo extractor de núcleos



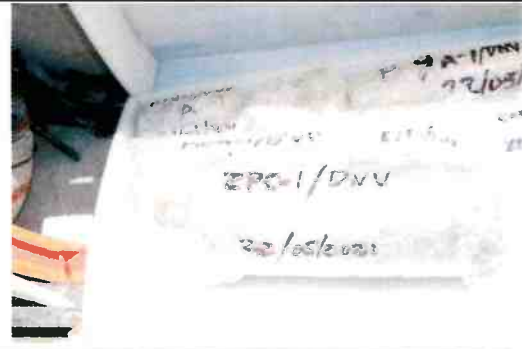
Progreso de la extracción de núcleos de concreto

Todas las etapas de la toma de muestras, desde el marcado hasta la extracción y traslado al laboratorio, fueron atestiguadas y registradas por la Fiscalía General de Justicia de la Ciudad de México, quien estuvo a cargo de establecer y mantener la cadena de custodia de las muestras de concreto.

Figura IV.4.1.3 Cadena de custodia



Clasificación y etiquetado de los núcleos de concreto



Embalaje y almacenamiento de los núcleos de concreto

Como parte de la cadena de custodia, representantes de la Fiscalía General de Justicia (FGJ) de la Ciudad de México, permitieron el traslado de las muestras a laboratorio y observaron y documentaron el proceso de pruebas de compresión, la obtención del módulo de elasticidad y pruebas petrográficas, actividades que se realizaron en las instalaciones del laboratorio.

[Handwritten signature]

Figura IV.4.1.4 Pruebas de compresión de laboratorio



Desembalaje de los núcleos de concreto en el laboratorio de la Gerencia de Estudios de Ingeniería Civil



Ejemplo de preparación del núcleo de concreto (después del corte, secado y pulido del núcleo)



Núcleo de concreto antes de la prueba de compresión



Núcleo de concreto después de la prueba de compresión

Handwritten blue ink marks, including a large loop and a square-like shape, are present below the caption for the post-test image.

Las pruebas de petrografía están a cargo del Laboratorio Petroanálisis Ingeniería, S. de R.L. de C.V.

Figura IV.4.1.5 Ensayos Petrográficos



Desembalaje de los núcleos de concreto en el Laboratorio de Petroanálisis Ingeniería



Proceso de corte de las muestras



Ejemplo de muestra - Espesor ~ 30 micrones



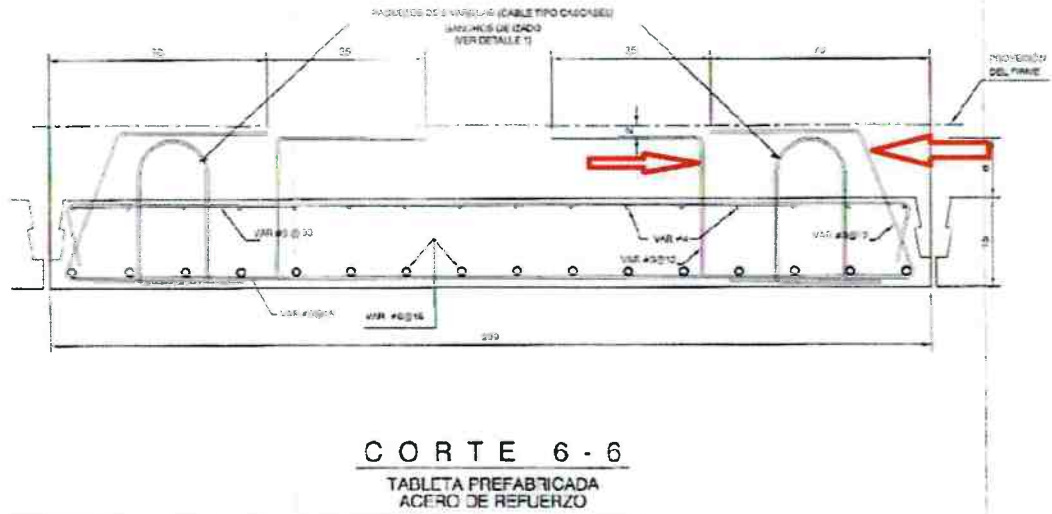
Proceso del análisis con microscopio óptico

[Handwritten signature]

V.4.2 Muestras de acero de refuerzo

DNV identificó un total de 15 muestras de acero de refuerzo, también denominadas varillas metálicas, para la prueba de resistencia a la tensión. Las ubicaciones para la toma de estas muestras se indican en el siguiente esquema:

Figura IV.4.2.1 Esquema de las muestras de acero de refuerzo



Desarrollado en escritorio

El 8 de junio de 2021, expertos de DNV visitaron el almacén de Tláhuac para obtener las muestras de concreto armado de las losas de concreto prefabricado. Todas las actividades fueron atestiguadas y documentadas por los representantes de la Fiscalía General de Justicia de la Ciudad de México.

Figura IV.4.2.2 Extracción de muestras de varillas



Extracción y corte de muestras de acero en el almacén de Tláhuac

V.4.3 Datos de muestreo de estructura metálica

Otro de los temas de interés que se abarcan en este proyecto, es la investigación de las propiedades y características de los elementos que forman la estructura metálica.

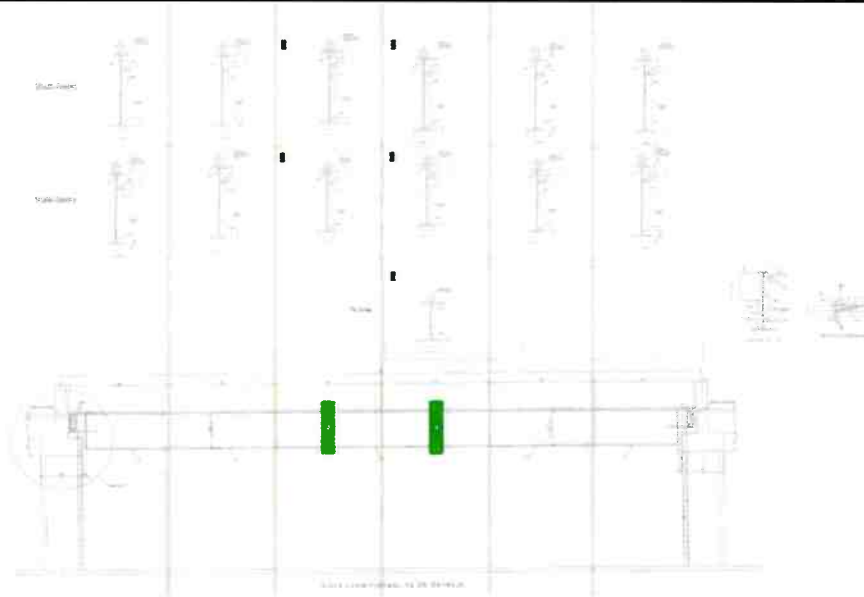
Como parte del análisis metalúrgico, los expertos de DNV identificaron las vigas principales que conforman la trabe sur, trabe norte y trabe de bifurcación, las cuales están constituidas de acuerdo con lo siguiente:

- Trabe Sur: T-2/ T-3/ T-1/ T-1/ T-3/ T-2, en la que la sección T-1 ubicada en el lado oeste fue la trabe que sufrió la mayor deformación y roturas en el lado sur.
- Trabe Norte: T-3/ T-1/ T-7/ T-7/ T-1/ T-3, en la que la sección T-7 ubicada en el lado oeste fue la trabe que sufrió la mayor deformación y roturas en el lado norte.
- Trabe de Bifurcación o Vía en "Y": T-6, que presentó una fractura en el alma, ubicada en la unión de la placa de refuerzo de la T-7 y deformación general en su longitud.

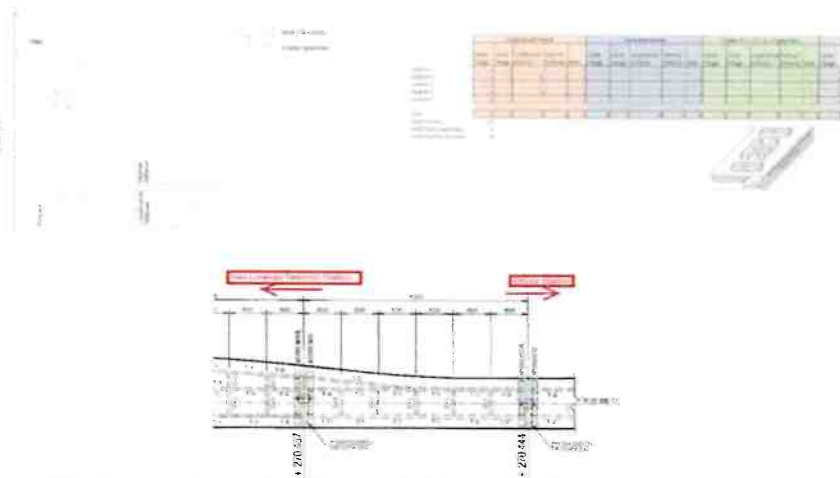
Con la identificación de las zonas más dañadas de cada sección de trabe, se elige la obtención de 19 muestras (correspondientes a 5 secciones de patín superior, 5 secciones de patín inferior, 5 secciones de alma, 2 muestras de atiesador longitudinal y 2 muestras de atiesador transversal), las cuales ya fueron cortadas e identificadas para su transferencia de custodia al laboratorio de acuerdo con el esquema que se muestra más adelante. Las muestras de acero se analizarán para evaluar los esfuerzos de tensión tanto en los patines (superior e inferior) como en el alma, refuerzo longitudinal y refuerzo vertical de las siguientes traveses: tres muestras en cada trabe (T-1, lado este y lado oeste, T-6 y T-7, lado este y

oeste), así como para pruebas de impacto y análisis químico; y cuatro pernos Nelson para pruebas de fractografía, microdureza y metalografía (aún pendientes por analizar).

Figura IV.4.3.1 Ubicaciones para pruebas mecánicas de componentes de acero



Dibujo esquemático de las ubicaciones de cada muestra de acero



Descripción de las muestras requeridas en cada patin, alma y trabe

Además de las actividades descritas anteriormente, DNV ha considerando realizar las siguientes pruebas: una prueba no destructiva en las soldaduras de penetración completa en el patin superior y el alma de las traves T-1 y T-7, y en la unión de soldadura de filete entre alma y patines de las traves T-1 y T-7.

VI. HALLAZGOS PRELIMINARES EN LA FASE I

Lo anterior, nos permite plantear de forma preliminar que el incidente fue provocado por una falla estructural, asociada al menos a las siguientes condiciones identificadas hasta ahora:

Deficiencias en el proceso constructivo:

- Proceso de soldadura de los pernos Nelson,
- Porosidad y falta de fusión en la unión perno – trabe,
- Falta de pernos Nelson en las trabes que conforman el conjunto del puente,
- Diferentes tipos de concreto en la tableta,
- Soldaduras no concluidas y/o mal ejecutadas,
- Supervisión y control dimensional en soldaduras de filete.

Daños observados:

- Deformación de las trabes del lado poniente en secciones T-1, T-7 y T-6, sobre patines y almas que las conforman,
- Roturas en almas de las trabes T-1 y T-7 del lado poniente, con sistemas de contraventeo (perfiles de ángulo) y sus placas de conexión.

Derivado de la revisión física y documental:

- Operativamente la Línea 12 venía trabajando en condiciones normales, de acuerdo con sus protocolos o programas de traslados y como parte de sus actividades preventivas, se cuenta con las evaluaciones de condición de ruedas metálicas.
- Los componentes de las vías, rieles, gabinetes y motores de interruptores se observan en condiciones normales, cumpliendo con los protocolos de mantenimiento rutinario, de acuerdo con la inspección visual en el área analizada.
- DNV está en proceso de revisión de la información complementaria, relacionada con posibles reparaciones y rehabilitaciones realizadas posteriores a la construcción.
- DNV está en proceso de revisión de la información complementaria, relacionada con el impacto de la operación cotidiana sobre la estructura.



VII. ACTIVIDADES A SEGUIR

Una vez concluido el dictamen preliminar correspondiente con la fase I, DNV procederá con las siguientes actividades para la elaboración del dictamen final acordado en el Anexo 1:

- DNV continuará revisando los planos de construcción (As-built) del tramo y realizará cálculos para determinar las discrepancias entre diseño y construcción que ya hayan sido identificadas y sus posibles consecuencias.
- DNV supervisará las pruebas y análisis destructivos de las muestras extraídas (concreto y acero) para confirmar el cumplimiento de la especificación de los materiales utilizados en la construcción.
- DNV supervisará las pruebas y análisis destructivos en la posible falla principal (considerada única e irreplicable) para determinar si hay evidencia que indique que se aplicó una condición de carga inusual al sistema, como lateral-torsional, que puede inducir el pandeo de las vigas de acero.



VIII. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN A LA FECHA

DNV continuará con la revisión de las evidencias documentales y de partes en los diferentes procesos a efectos de determinar la relevancia de cada uno de dichos hallazgos, así como su contribución con el incidente considerando las siguientes líneas de investigación:

- ¿El diseño ha sido apropiado para el sistema de la L12?
- ¿Cumplieron los materiales de construcción con lo requerido por el diseño?
- ¿Cumplió la ejecución de la construcción con lo requerido por el diseño?
- Otros factores posiblemente contribuyentes, tales como: operación, reparaciones y rehabilitaciones.



ANEXO A

Descargos de Responsabilidad

1. Copyright ©DNV 2021. Todos los derechos reservados. \

2. LA REALIZACIÓN DEL TRABAJO DE DNV GL MÉXICO S. DE R.L. DE C.V. ("DNV") SE BASÓ EN EL ACCESO Y EL DERECHO A INSPECCIONAR TODOS LOS SITIOS E INSTALACIONES PERTINENTES Y EN EL SUMINISTRO DE DOCUMENTACIÓN E INFORMACIÓN PERTINENTES Y COMPLETOS Y CORRECTOS, COMO SE DETALLA EN EL ANEXO C DEL ENTREGABLE / INFORME. NO HA FORMADO PARTE DEL TRABAJO IDENTIFICAR DISCREPANCIAS, ERRORES, INCONSISTENCIAS U OMISIONES EN LA INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR LA SECRETARÍA DE GESTIÓN INTEGRAL DE RIESGOS Y PROTECCIÓN CIVIL ("LA SGIRPC"), "LA SGIRPC" ES RESPONSABLE DE LA INFORMACIÓN PROPORCIONADA DURANTE LA PRESTACIÓN DEL SERVICIO Y DNV HA CONFIADO EN LA EXACTITUD E INTEGRIDAD DE DICHA INFORMACIÓN PARA EL DESEMPEÑO DE LOS TRABAJOS.

3. TODOS LOS ENTREGABLES PROPORCIONADOS POR DNV SE BASAN EN LA INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR "LA SGIRPC", COMO SE ESTABLECE EN EL ANEXO C, HASTA LA FECHA DE LA MISMA EMISIÓN. "LA SGIRPC" RECONOCE Y ACEPTA QUE EL RESULTADO DE LA OPINIÓN Y ANÁLISIS ENTREGADOS POR DNV SON VÁLIDOS ÚNICAMENTE EN EL MOMENTO DE EMISIÓN DEL ENTREGABLE. DNV SE RESERVA EL DERECHO DE MODIFICAR O COMPLEMENTAR EL ENTREGABLE EN CASO DE QUE SURJA NUEVA INFORMACIÓN.

4. "LA SGIRPC" SE ASEGURARÁ DE QUE, A MENOS QUE RECIBA PRIMERO EL CONSENTIMIENTO POR ESCRITO DE DNV, "LA SGIRPC" (Y / O CUALQUIERA DE LAS PARTES QUE ACTÚAN EN SU NOMBRE) NO: (I) ALTERARÁ EL CONTENIDO, EL CONTEXTO O EL IDIOMA ORIGINAL DE CUALQUIER ENTREGABLE, (II) DISTRIBUIRÁ UN ENTREGABLE (O CUALQUIER PARTE DE ÉL) EN UN SITIO WEB PÚBLICO, EXCEPTO POR LO ESTABLECIDO EN LA LEY DE TRANSPARENCIA, ACCESO A LA INFORMACIÓN PÚBLICA Y RENDICIÓN DE CUENTAS DE LA CIUDAD DE MÉXICO, O (III) DISTRIBUIRÁ UN ENTREGABLE (O CUALQUIER PARTE DEL MISMO) A TERCEROS PARA OBTENER BENEFICIOS O INTERCAMBIO DE CUALQUIER FORMA DE REMUNERACIÓN DIRECTA O INDIRECTA O DE FINALIDAD COMERCIAL SIMILAR. DNV NO ASUME NINGÚN DEBER DE CUIDADO CON NINGÚN TERCERO, Y SOLO "LA SGIRPC" (Y NINGUNA OTRA PARTE) PUEDE CONFIAR EN LOS ENTREGABLES. SE PROHIBE LA REFERENCIA A TODOS O PARTE DE LOS ENTREGABLES QUE PUEDAN DAR LUGAR A UNA INCORRECTA INTERPRETACIÓN.

ANEXO B

DNV en Breve

DNV es el experto independiente en gestión de riesgos y garantía de calidad, que opera en más de 100 países y con 12.000 empleados. A través de su amplia y profunda experiencia, DNV promueve la seguridad y el desempeño sostenible, estableciendo puntos de referencia en la industria e inspira y creando soluciones para los retos de la industria. Desde 1864, nuestro propósito ha sido salvaguardar la vida, la propiedad y el medio ambiente.

Somos la sociedad de clasificación líder en el mundo y un asesor reconocido para la industria marítima. Brindamos servicios de prueba, certificación y asesoramiento técnico de renombre mundial para la cadena de valor de la energía, de petróleo y gas y la gestión de la energía. DNV es uno de los organismos de certificación líderes en el mundo y ayuda a las empresas a garantizar el desempeño de sus organizaciones, productos, personas, instalaciones y cadenas de suministro.

Un área importante dentro de nuestra asesoría técnica es el análisis de fallas y la investigación de fallas. DNV tiene laboratorios especializados para estos hitos en Noruega (Oslo y Bergen), Reino Unido (Loughborough y Spadeadam), Singapur y EE. UU. (Columbus, OH). DNV ha realizado miles de investigaciones, la mayoría relacionadas con falla de materiales (fallas estructurales). Cualquier investigación emprendida se basará en esta gran experiencia para interpretar las observaciones, pero también para establecer un buen enfoque. Los laboratorios de DNV que realizan pruebas de integridad estructural prueban todo, desde muestras a pequeña escala hasta pruebas a gran escala de hasta 2900 toneladas y pruebas de explosión. Además, DNV ha desarrollado códigos líderes relacionados con el diseño estructural, la fatiga y tiene experiencia destacada en la industria en estructuras de hormigón y acero.

Una investigación de fallas más amplia puede requerir un análisis de causa raíz (RCA) para identificar debilidades o brechas dentro de un sistema de gestión. Un análisis de la causa raíz puede ayudar a definir mejoras de diseño y manufactura, acciones correctivas, prevenir la recurrencia y ahorrar costos en el futuro. DNV proporciona una investigación independiente utilizando expertos familiarizados con las principales técnicas de accidentes, tecnologías complejas y entornos difíciles o desafiantes. Nuestra Técnica de Análisis de Causa Sistemático basada en Barreras (BSCAT) combina el análisis de la causa raíz del evento y técnico tradicional con la evaluación de riesgos, así como la moderna basada en barreras. Nuestros expertos pueden aplicar esta metodología en muchas industrias.

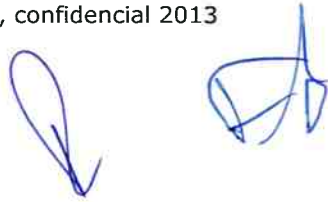
DNV ha realizado muchas y diversas investigaciones a lo largo de los años, que incluyen:

- Incendios y explosiones
- Fallas en sistemas de transmisión o distribución de energía eléctrica
- Descarrilamientos ferroviarios
- Hundimiento de plataformas flotantes de almacenamiento y descarga.
- Incidentes en transporte marítimo
- Fallas por corrosión complejas
- Turbinas de viento
- Plantas industriales

-
- Oleoductos terrestres y costafuera.
 - Análisis de fallas de trenes y DNV están realizando actualmente proyectos relacionados con el monitoreo en tiempo real de trenes con grietas y vagones de metro con mala soldadura
 - Los proyectos de análisis de fallas relacionados con la estructura de puente prueban periódicamente los componentes nuevos y usados para la calificación y la extensión de la vida útil.

Ejemplos de investigaciones de accidentes importantes:

- Explosión y derrame de petróleo de la plataforma Deepwater Horizon, investigación forense, Golfo de México de los Estados Unidos, 2010
- Accidente en Plataforma de Pemex en 2019
- Accidente en Planta Petroquímica, Monterrey, México, 2020
- Explosión química en Iqoxe, Tarragona, España, 2020
- Fallo estructural en una plataforma Jack-Up Auto-elevable, Singapur
- Investigación de fallas de pilares rotos en plataformas, confidencial 2013



ANEXO C - EVIDENCIA DOCUMENTAL SELECCIONADA PARA ANALISIS

TRANSF.	CAJA	ARCHIVADOR	SECCIONES	DESCRIPCIÓN		DESCRIPCIÓN
T-18	24	20	OLIVOS-SAN LORENZO	Planos	-	
T-18	24	19	LOS OLIVOS-SAN LORENZO	Memoria de cálculo para cimentación en zona de roca	-	
T-18	24	23	TRAMO LOS OLIVOS-SAN LORENZO	Planos	-	
T-25	E.U.F. 8.07 CO 01 T.2.022 2009 83	142 82	Planos tipo	DGPM-09-EST-612000-III-0010-00183-P-01 DGPM-09-EST-612000-III-0010-00813-P-01	Tramo Elevado. Solución Metálica Planta 6+447.600 hasta 14+494.739 Nota: Los gálibos no corresponden (1.10 de rasante a NPT de andador; 66.8 de rasante a subrasante.	
T-25	E.U.F. 8.07 CO 01 T.2.022 2009 83	142 82	Planos tipo	DGPM-09-EST-612000-III-0010-00184-P-00 DGPM-09-EST-612000-III-0010-00814-P-00	Tramo Elevado Solución Metálica. Trabes y Detalles. Revisar Vista C-C, Unión entre Tramos T-2, T-3 o T-3, T-1	
T-25	E.U.F. 8.07 CO 01 T.2.022 2009 83	142 82	Planos tipo	DGPM-09-EST-612000-III-0010-00184-P-01 DGPM-09-EST-612000-III-0010-00814-P-01	Tramo Elevado Solución Metálica. Trabes y Detalles. Revisar Vista C-C, Unión entre Tramos T-2, T-3 o T-3, T-2	
T-25	T-25	43	90	Planos	Estructuras Tramo Los Olivos-San Lorenzo Tezonco y San Lorenzo Tezonco- Periférico Oriente	Estructura para cajas de válvulas, memoria de cálculo estructural para cajas de válvulas, dimensionamiento armado de zapatas,

						cimentación compensada
T-25	T-25	43	108	Planos	Mecánica de suelos Tramo Los Olivos-San Lorenzo Tezonco y San Lorenzo Tezonco- Periférico Oriente y Periférico Oriente - Calle 11	Procedimientos constructivos excavación de zanjas, memoria de cálculo del estado límite de falla para cimentación parcialmente compensada con pilotes de fricción
T-25 18	T-25 18	1	114	Planos	Anteproyecto: Proyecto Geométrico	Proyecto Geométrico tramo los Olivos- San Lorenzo Tezonco
T-143	T-143	*51	13 de 26	Proceso de concurso	Circular modificatoria y aclaratoria No.6 y No.7	*Ficha técnica del material rodante folio 071 a 078 *Especificación técnica funcional de un equipo detector de desgaste de riegos metálicas para el taller Tláhuac *Especificaciones del CCVT de la línea 12. Debe grabar imágenes a razón de 15 cuadros por un periodo de 7 días. Ver folio 245 a 333
T-143	T-143	*51	14 de 26	Proceso de concurso	Circular modificatoria y aclaratoria No.7	Especificación técnico funcional del sistema de mando centralizado +registro de averías e incidentes, así como bitácora diaria folios , 183 y 195
T-143	T-143	*51	15 de 26	Proceso de concurso	Circular modificatoria y aclaratoria No.7	Especificación funcional para la fabricación de durmientes de concreto para equipar las vías folios 383 a 440
T-143	T-143	*51	16 de 26	Proceso de concurso	Circular modificatoria y aclaratoria No.7	Especificación técnica para la ejecución de los trabajos de vía férrea clásica, contrarieles, durmientes, almohadillas acanaladas entre riel y durmiente, tornillos y

						tuercas, planchuelas metálicas para riel y aparatos de cambio de vía, rieles de acero no tratado calibre 115 LB/YD R.E. Folio 01 al 237
T-18	T18 Contrato No 8.07 C0 01 T.2 022 (Convenio 1 Modificador)	P1 C-23, 30, 52-54	22	OLIVOS-SAN LORENZO	Memoria ante proyecto de Perfil de Línea 12 Memoria ante proyecto de trazo de la Línea 12 Bases de Diseño del Proyecto Estructural en Tramo Elevado Memoria de cálculo para cimentación	
T-18	T18 Contrato No 8.07 C0 01 T.2 022 (Convenio 1 Modificador)		30	OLIVOS-SAN LORENZO	Análisis de la Información de la estación Olivos Planos de Infraestructura Hidráulica y proyecto ejecutivo de desvío de tuberías de 12" de diámetro de agua potable (Olivos-San Lorenzo)	
T-18	T18 Contrato No 8.07 C0 01 T.2 022 (Convenio 1 Modificador)		53	OLIVOS-SAN LORENZO	Estudios Geotécnicos	

T-18	T18 Contrato No 8.07 C0 01 T.2 022 (Convenio 1 Modificador)	P1 C-23, 30, 52-54	57	OLIVOS-SAN LORENZO	Diseño de cimentación de columnas en zona de roca Cálculo de trabe cajón tramo elevado
T-18	T18 Contrato No 8.07 C0 01 T.2 022 (Convenio 1 Modificador)		66	OLIVOS-SAN LORENZO	Planos de Planimetría Olivos-San Lorenzo Planos de Planimetría con infraestructura urbana
T-18	T18 Contrato No 8.07 C0 01 T.2 022 (Convenio 1 Modificador)		67	OLIVOS-SAN LORENZO	Bancos de Nivel con elevaciones restituidas Olivos-San Lorenzo Tezonco Planos de Perfil Longitudinal Olivos-San Lorenzo Planos de secciones transversales Olivos-San Lorenzo
T-33	T-33 Contrato No 8.07 C0 01 T.2 022	S/N	8/10	Lista de Pendientes L-12 Trabajos mal ejecutados de obra civil	Folio 0349-0350 Folio 0377-0378
T-27	T-27 Contrato No 8.07 C0 01 T.2 022 2010		64	Expediente único de Finiquito. Dirección de Diseño de Obras Civiles	Folio 000015-000034 y 000035-000054 Memoria de Cálculo Estructural, Solución trabe metálica de 30m

T-27	T-27 Contrato No 8.07 C0 01 T.2 022	S/N	70	Expediente único de finiquito	Folio 001 Plano tipo PMDF-09-EST- 612000-III-0052- 24217-P-02	Tramo Elevado Solución Metálica y Concreto (Losa y colado con tres conectores)
T-27	T-27 Contrato No 8.07 C0 01 T.2 022	S/N	70	Expediente único de finiquito	Folio 006 Plano tipo PMDF-09-EST- 612000-III-0053- 24218-P-01	Tramo Elevado Solución Metálica y Concreto Detalles
T-27	T-27 Contrato No 8.07 C0 01 T.2 022	S/N	70	Expediente único de finiquito	Folio 005 Plano tipo PMDF-09-EST- 612000-III-0053- 24218-P-00	Tramo Elevado Solución Metálica y Concreto
T-27	T-27 Contrato No 8.07 C0 01 T.2 022	S/N	71	Expediente único de finiquito	Folio 021-027 Boletín para la solución de las cuñas de ajuste para el montaje de las trabes metálicas en conexión con el cabezal (28 de junio 2010)	
T-27	T-27 Contrato No 8.07 C0 01 T.2 022	S/N	71 72	Expediente único de finiquito	Folio 014-039 Especificación	Especificaciones particulares para la construcción y montaje de estructuras de acero.
T-27	T-27 Contrato No 8.07 C0 01 T.2 022	S/N	72	Expediente único de finiquito	Folio 048-052 Boletín Folio 053-061 Boletín (Cambios)	Placa para junta constructiva entre tabletas de ajuste en cabezal.
T-27	T-27 Contrato No 8.07 C0 01 T.2 022	S/N	94	Expediente único de finiquito	Folio 017 Plano PMDF-09-EST- 612155-III-0020- 03402-P-00 Folio 018 Plano PMDF-09-EST- 612155-III-0020- 03402-P-01	Tramo Elevado Trabes y Detalles (Tramo en Y) Los Olivos-San Lorenzo Tezonco

T-27	T-27 Contrat o No 8.07 C0 01 T.2 022	S/N	95	Expediente único de finiquito	Folio 001 Plano PMDF-09-EST- 612155-III-0020- 03402-P-02 Folio 002 Plano PMDF-09-EST- 612155-III-0020- 03402-P-01	Tramo Elevado Trabes y Detalles (Tramo en Y) Los Olivos-San Lorenzo Tezonco
T-27	T-27 Contrat o No 8.07 C0 01 T.2 022	S/N	155	Expediente único de finiquito	Folio 054-061 Boletín	Fundamentación Técnica sobre distancia de reubicación de la estación San Lorenzo Tezonco de la L-12
T-64	T-64 Contrat o No 8.07 C0 01 T.2 022	S/N	213	Planos As-Built L-12	Folio 0143 CD 04, carpeta 612155 Olivos-Tezonco	Planos As Built en digital de estructura Olivos- Tezonco
T-35	T-35 Contrat o No 8.07 C0 01 T.2 022	S/N	110	Mecánica de suelos	Manual de Mantto. PMDF-12-MM- 612000-III-0001- 53733-D-02 Folio 0472-0480	Mantenimiento Tramo Elevado con Estructuración Metálica
T-35	T-35 Contrat o No 8.07 C0 01 T.2 022	S/N	111	Mecánica de suelos	Manual de Mantto. PMDF-12-MM- 612000-III-0001- 53733-D-02 Folio 001-015, 081-100, 139-150	Mantenimiento Tramo Elevado con Estructuración Metálica
T-62	T-62 Contrat o No 8.07 C0 01 T.2 022	S/N	354	Dossier de Calidad de Estructura Metálica	Apoyos 107 al 108 Vía "Y" CAD: 10+272.379 al 10+297.102 pestaña naranja 14 Folio 0118-0331	Carta validación de estructura Plan de inspección de prueba Recepción y certificado de materiales Fabricación de elementos, Inspección por ultrasonido y Líquidos penetrantes y mapeo Mapeo de soldadura Inspección visual y dimensional

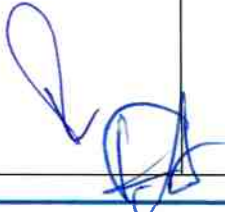


						Reporte de piezas liberadas Reporte fotográfico
T-137		744	Reporte de Aseguramiento de Calidad - del 1 al 30 de Abril (Fase I)	<p>6.- Nopalera - Olivos</p> <ul style="list-style-type: none">- Tabla de resumen de control de concreto de concreto f'c = 300 kg/cm2.- Gráfica de Control de resistencia de concreto- Tabla de resumen de control rellenos y pavimentos. <p>7.- Olivos - San Lorenzo</p> <ul style="list-style-type: none">- Tabla de resumen de control rellenos y pavimentos- Tabla de resumen de control de concreto de concreto f'c = 500 kg/cm2.- Gráfica de Control de resistencia de concreto-Tabla de resumen de control de concreto de concreto f'c =	Relevante	

				<p>300 kg/cm².</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gráfica de Control de resistencia de concreto - Tabla de resumen de control de concreto de concreto f'c = 1500 kg/cm². - Tabla de resumen de control de concreto de concreto f'c = 100 kg/cm². 		
T-137		746	<p>Reporte de Aseguramiento de Calidad - del 1 al 30 de Abril (Fase II)</p>	<p>12.- Planta de Dovelas</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tabla de resumen de control de concreto de concreto f'c = 450 kg/cm² - Gráfica de Control de resistencia de concreto - Certificados de calidad 	Relevante	
			<p>Reporte de Aseguramiento de Calidad - del 1 al 31 de Mayo (Fase II)</p>	<p>14.- Planta Dovelas</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tabla de resumen de control de concreto de concreto f'c = 450 kg/cm² 	Relevante	

				- Gráfica de Control de resistencia de concreto		
T-159	S/N	Libro CLXV	T-159	Bitácora 32/tramo CARSO/frente ZAPOTITLAN-TEZONCO	Nota No. 1202 de fecha 07 abril 2012, folio No. 0003	Indica que hubo un sismo el día 20 de marzo de 2012
T-56	S/N		T-56	Bitácora 32/tramo CARSO/frente ZAPOTITLAN-TEZONCO	Nota No. 1217 de fecha 08 junio 2012, folio No. 0009	La nota indica a la contratista que presente dictamen de los neoprenos que presentaron deformaciones fuera de tolerancia de proyecto, en los trabajos de cortes de misil en los apoyos móviles de los intertramos Olivos Tezonco.
T-56	S/N		T-56	Bitácora 32/tramo CARSO/frente ZAPOTITLAN-TEZONCO	Nota No. 1217 de fecha 25 junio 2012, folio No. 0011	Indica que se debe presente un dictamen por la reparación de fisuras en cabezales del intertramo Olivos Tezonco del apoyo 116 Cadenamiento 10 + 532.102 al apoyo 118 cadenamiento 10+592.102.
T-56	S/N	Libro 10	T-56	Bitácora 25	Nota No. 453 de fecha 26 junio 2010, folio No. 0022	con esta fecha se realizaron los trabajos de izaje y montaje de traves metálicas de 30 m entre los apoyos 117 y 118 con cadenamiento 10+562.102 y 10+592.102 correspondientes al intertramo Los Olivos-San Lorenzo

T-56	S/N	Libro 10	T-56	Bitácora 25	Nota No. 496 de fecha 12 julio 2010, folio No. 0045	en atención a la nota No. 70 de fecha 28 de diciembre de 2009, se informa que las modificaciones al proyecto quedaron autorizadas mediante el boletín No. PMDF-09-EST-612100-111-0001-053001-B-00 y la Memoria No. PMDF-10-EST-612165-111-0001-01442-B-00, se entregaron copias de los mismos por este medio. Tomar referencia de los documentos anotados para buscarlos.
T-56		Libro 11	T-56	Bitácora 26/tramo CARSO/frente ZAPOTITLAN-SN. LORENZO TEZONCO	Nota No. 580 de fecha 20 de agosto 2010, folio No. 0040	supervisión indica a la contratista que en el apoyo 111 del intertramo Olivos-Sn. Lorenzo cadenamamiento 10+382 no se tiene el anclaje indicado en el proyecto, ya que en la revisión de la supervisión externa se detectó que dentro del cuerpo central del cabezal (díafragma) se tiene 10 varillas #12 (5 de cada lado), y el proyecto indica 20 varillas del #12 (10 de cada lado) y le requiere la solución autorizada a este punto y todos los trabajos quedan bajo responsabilidad del consorcio.

T-66	481	Dossier de Calidad de Estructura Concreto	<p>Olivos - Tezonco CAD: 10+157.378 al 10+242.378 - PMDF-09-EST-612155-III-0002-00888-P-01, Dimensionamiento y Armado de Zapata en Roca , 10+157.378 al 10+242.378 - PMDF-09-EST-612155-III-0001-02144-P-00, Zapatas Apoyadas sobre Pilas, 10+562.102 al 10+592.102 - PMDF-09-EST-612160-III-0003-01901-P-00, Zapatas Apoyadas sobre Pilas, Estación San Lorenzo Tezonco. - PMDF-10-EST-612160-III-0004-22391-P-00, Zapatas Apoyadas sobre Pilas, Estación San Lorenzo Tezonco - PMDF-09-EST-612155-III-0024-22215-P-00, Anclaje de Cabezal para Columna</p>	Relevante	
------	-----	---	--	-----------	---



				<p>Circular (76 var)</p> <ul style="list-style-type: none">- PMDF-09-EST-612155-III-0021-03404-P-01, Zapatas Apoyadas sobre Pilas para Columnas del Tramo en "Y"- PMDF-09-EST-612155-III-0022-22213-P-00, Postensado en Cabezal para Columna Circular (76 var)- PMDF-09-EST-612155-III-0023-22214-P-00, Armado de Cabezal para Columna Circular (76 var)- PMDF-10-EST-612155-III-0025-22178-P-00, Postensado en Cabezal para el Tramo en la Vía en "Y"- PMDF-10-EST-612155-III-0026-22182-P-00, Armado de Cabezal para el Tramo de la Vía en "Y"- PMDF-10-EST-612155-III-0029-22177-P-00, Postensado en Cabezal para el Tramo		
--	--	--	--	--	--	--



				<p>Cabecera) - PMDF-10- EST-612155-III- 0036-22222-P- 00, Anclaje de Columna a Cabezal para el Tramo de la Vía en "Y" (Zona de Cabecera)</p>		
--	--	--	--	--	--	--



				<p>de la Vía en "Y" (Zona de Bocina) - PMDF-10-EST-612155-III-0027-22183-P-00, Anclaje de Columna Cabezal para el Tramo de la Vía en "Y" - PMDF-10-EST-612155-III-0030-22179-P-00, Armado de Cabezal para el Tramo de la Vía en "Y" (Zona de Bocina) - PMDF-10-EST-612155-III-0031-22181-P-00, Anclaje de Columna a Cabezal para el Tramo de la Vía en "Y" (Zona de Bocina). - PMDF-10-EST-612155-III-0034-22220-P-00, Postensado en Cabezal para el Tramo de la Vía en "Y" (Zona de Bocina) - PMDF-10-EST-612155-III-0035-22221-P-00, Armado de Cabezal para Tramo de la Vía en "Y" (Zona de</p>		
--	--	--	--	---	--	--

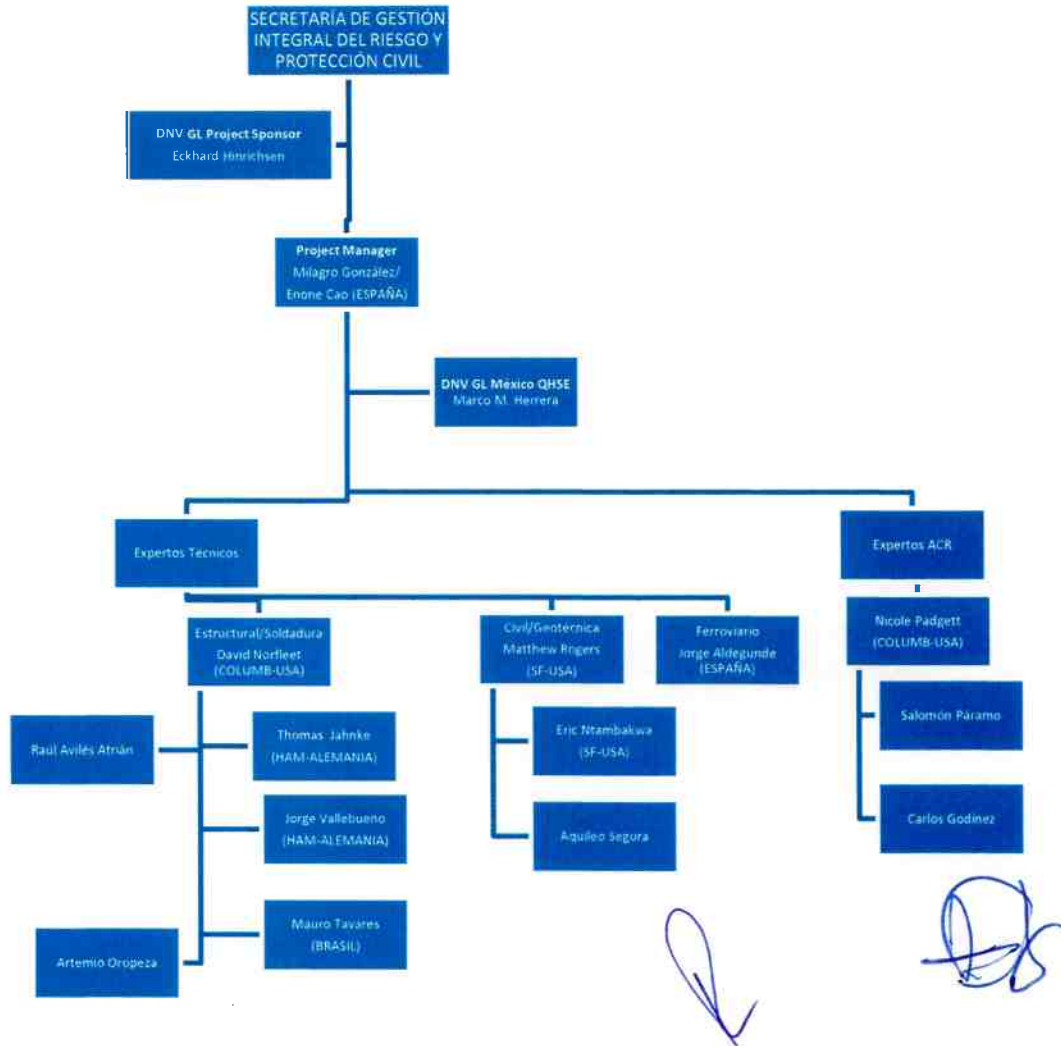
ANEXO D – CONTROL DE CAMBIOS

Rev.	Cambios	Justificación	Página No.
1	"Mantenimiento" se reemplazó por "reparación y rehabilitación"	En esta etapa de la investigación estamos centrados en actividades de reparación y rehabilitación. Actividades de mantenimiento se analizarán en la Fase 2 del análisis causa-raíz.	1
1	Figura IV.1.15	Se reemplazó por una fotografía más clara y precisa.	19
1	Imagen Deformación de refuerzo longitudinal	DNV está revisando y analizando imágenes adicionales tomadas desde diversos ángulos y provenientes de diferentes fuentes.	21

ANEXO E – ORGANIGRAMA Y RESUMEN PROFESIONAL DEL GRUPO DE ESPECIALISTAS



ORGANIGRAMA



PERSONAL CLAVE

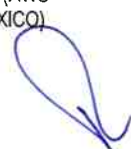
Nombre	Especialidad	Resumen de Experiencia
David Norfleet	Experto Estructural (COLUMBUS-USA)	<p>Ph.D., Ciencia e Ingeniería de Materiales, Universidad Estatal de Ohio Maestría en Ciencias e Ingeniería de Materiales, Universidad Estatal de Ohio Licenciatura en Ciencias e Ingeniería de Materiales, Universidad Estatal de Ohio</p> <p>El Dr. Norfleet es el Jefe de Sección del Grupo de Investigación de Incidentes dentro del Oleoducto Departamento de Servicios de DNV GL USA, Inc. (antes CC Technologies). El Dr. Norfleet es un Graduado de la Universidad Estatal de Ohio, donde recibió su Ph.D. en Ciencia de Materiales e Ingeniería. Los intereses tecnológicos, la experiencia y la investigación le han proporcionado una comprensión avanzada del comportamiento mecánico y los mecanismos de falla asociados con muchos sistemas de materiales diferentes.</p> <p>El Dr. Norfleet asesora sobre investigaciones multidisciplinarias de fallas para una variedad de industrias, incluyendo Petróleo y Gas y productos de consumo. Su formación y experiencia en metalurgia, la corrosión, la microscopía y la fatiga y la fractura le han proporcionado el conocimiento y la habilidad conjuntos necesarios para consultar y asesorar sobre proyectos relacionados con una variedad de materiales y procesos de manufactura. El Dr. Norfleet ha sido consultor sobre asuntos presididos ante ambos Estados y Tribunales Federales. Las áreas de especialización incluyen: análisis de fallas de ingeniería, metalurgia, corrosión, Comportamiento mecánico, fatiga y fractura, fractografía y caracterización de materiales (Microscopía electrónica de barrido (SEM), haz de iones enfocado (FIB), transmisión de electrones Microscopía (TEM), espectroscopía de dispersión de energía (EDS / EDX).</p>
Thomas Jahnke	Experto Estructural (HAM-ALEMANIA)	<p>La experiencia de Thomas se basa principalmente en: Aprobación de diseño que incluye investigaciones estructurales para plataformas marinas fijas como in situ, fatiga, dinámica, terremoto, elevación, transporte, etc. • Clasificación de autoelevadores: análisis no lineal dinámico y estático global, aprobación de documentos de latas de spud, patas y jack-houses y -casings • Evaluación de diseño y cálculo de heliplataformas • Evaluación de diseño y cálculo de pedestales de grúas costa afuera • Preparación y revisión de programas de inspección • Evaluación de cimentaciones de cimientos piloteados de plataformas costa afuera fijas • Análisis estructurales no lineales, estáticos y dinámicos de estructuras costa afuera • Cálculos de fijación al mar, aprobación relacionada con el estudio de garantía marina • Proyectos de consultoría en la industria del petróleo y gas Proyectos principales hasta julio de 2015 • Reevaluación de la plataforma de conversión Borwin Alpha, nuevo análisis de la condición en el lugar y de fatiga • Reanálisis estructural no lineal de Jack de 3 patas en el dominio del tiempo (comportamiento dinámico) y la condición in situ estática debido a modificaciones importantes del diseño • Ap Aprobación de la evaluación específica del sitio para WaveWalker 1 para St. Nazaire mediante análisis estructural independiente Hasta julio de 2014 • Aprobación de estructuras submarinas para el proyecto Egina Nigeria • Aprobación de la evaluación específica del sitio WaveWalker 1 — Proyecto Gemini mediante análisis estructural independiente • Aprobación de nomogramas de Jack- up "Seabreeze", actualización del manual operativo • Aprobación de la evaluación específica del sitio de Jack-up "Thor" — Proyecto Global Tech 1 • Proyecto de extensión de vida útil para OMV Petrom — Preparación de la estrategia de gestión de la integridad estructural • Curso de capacitación "Certificación de transformador / Conversor de subestaciones ", realizado en Hangzhou, China para Huadong (ECIDI) 2013 • Aprobación de la evaluación específica del sitio para Jack-up" Odin " • Análisis global en el lugar del Jack-up" Thor "con respecto a la extensión de las condiciones ambientales limitantes en aprobación de clase • Inspección del sitio de la plataforma PFCP-A y PFCP-B • Análisis de terremotos, fatiga y terremoto de PFCP-A y PFCP-B</p>
Jorge Vallebuena Garcinava	Experto Estructural (HAM-ALEMANIA)	1990-1998 Instituto de Construcción Naval de la Universidad de Hamburgo-Harburg Arquitectura naval e ingeniero marino



DNV

Page 3 of 6

Nombre	Especialidad	Resumen de Experiencia
		<p>1990-1998 Instituto de Gestión y Tecnología de Stuttgart (SIMT) Maestría en Administración de Empresas (MBA) con concentración en Negocios Internacionales.</p> <p>La principal experiencia de Jorge se basa en: <input type="checkbox"/> Project Management de proyectos offshore para unidades fijas y flotantes</p> <ul style="list-style-type: none"><input type="checkbox"/> Cálculo de resistencia independiente para estructuras marinas fijas y flotantes con sistemas internos.Paquete de software FE<input type="checkbox"/> Aprobación de planos para estructuras marinas fijas y flotantes<input type="checkbox"/> Cálculos de fijación al mar, ingeniería relacionada con el estudio de garantía marina<input type="checkbox"/> Clasificación y certificación de unidades costa afuera<input type="checkbox"/> Jefe de la oficina técnica de GLO en la Ciudad de México de julio de 2000 a marzo de 2002.<input type="checkbox"/> Resumen de las regulaciones más comunes para estructuras Offshore (API RP 2A, GLO <p>Reglas costa afuera, reglas GL para tuberías, DNV 96 para tuberías marítimas, código ASME)</p> <ul style="list-style-type: none"><input type="checkbox"/> Software GL: Marco GL, GL SAP, Thor, Wavel, Fatcheck<input type="checkbox"/> Software comercial: Rtab y RFEM<input type="checkbox"/> Diseño de tensión admisible según AISC<input type="checkbox"/> Tanques de acero soldados API 650 para almacenamiento de aceite<input type="checkbox"/> Evaluación de diseño de plataformas costa afuera<input type="checkbox"/> Evaluación de diseño de oleoductos costa afuera<input type="checkbox"/> Materiales (protección contra la corrosión para plataformas marinas y tuberías en tierra / mar adentro)<input type="checkbox"/> Evaluación de riesgos: conocimientos básicos en análisis HAZOP<input type="checkbox"/> NDT. Curso intensivo de inspección visual, pruebas ultrasónicas, partículas magnéticasinspección y prueba de tintes penetrantes<input type="checkbox"/> Experiencia en el patio. Dos semanas en el astillero NPCC en Abu Dhabi
Mathew Rogers	Experto Civil Geotécnica (San Fco-USA)	<p>1991: Licenciatura en Ciencias de la Universidad Estatal de California, Licenciatura en Ingeniería Civil en Long Beach.</p> <p>El Sr. Rogers tiene una amplia experiencia que va desde la respuesta a terremotos e inundaciones posteriores a desastres en el sur de California, diseño de monitoreo y estabilización de deslizamientos de tierra, presas de control de inundaciones y estructuras de retención de agua, diseño geotécnico de edificios altos y puentes de carreteras dentro de zonas sísmicas, evaluación de los peligros geológicos que impactan en las principales líneas de transmisión eléctrica hasta su función actual al frente de la práctica de ingeniería civil para la ingeniería civil de proyectos de energía eólica y solar.</p>
Eric Ntambakwa	Experto Civil Geotécnica (San Fco-USA)	<p>El Sr. Ntambakwa es el líder técnico de un equipo de ingenieros civiles responsables del diseño conceptual y la debida diligencia técnica de plantas de energía solar y eólica a escala de servicios públicos. Cuando actúa como ingeniero independiente, el Sr. Ntambakwa y su equipo revisan los diseños y especificaciones de los cimientos de las turbinas eólicas, los cálculos de diseño, las presentaciones de construcción y toda la documentación de control de calidad de la construcción / garantía de calidad. El Sr. Ntambakwa es responsable de realizar evaluaciones de diseño paralelas para los aspectos geotécnicos de resistencia de cimientos, cargas sísmicas, estabilidad y capacidad de servicio, preparación de informes técnicos detallados de diligencia debida, recomendación de medidas de mitigación para problemas de construcción que surjan y participación en discusiones con desarrolladores, inversionistas, prestamistas e ingenieros de diseño. Cuando actúa como ingeniero del propietario, el Sr. Ntambakwa prepara diseños conceptuales para cimientos de turbinas eólicas, carreteras, plataformas de grúas, áreas de descanso y edificios de operación y mantenimiento. El Sr. Ntambakwa supervisa la construcción de plantas de energía eólica y solar para verificar el cumplimiento de los diseños y especificaciones de los cimientos, los códigos y estándares de diseño aplicables y las buenas prácticas de construcción.</p>

Nombre	Especialidad	Resumen de Experiencia
		<p>El Sr. Ntambakwa ha estado activo en el desarrollo de códigos y estándares en la industria de las energías renovables, incluyendo ASCE / AWEA RP 2011 e IEC 61400-6, y ha sido coautor de varios artículos sobre diseño de cimientos y aspectos de carga sísmica de turbinas eólicas para varias conferencias. Ha practicado Ingeniería Geotécnica desde 1999 con un enfoque en proyectos de energía renovable desde 2006 y es ingeniero civil con licencia en California, Hawaii, Indiana, Dakota del Sur, Dakota del Norte, Idaho, Montana, Kansas, Iowa, Ohio, Nuevo México y Utah.</p>
<p>Jorge Aldegunde Piñeiro</p>	<p>Experto Ferroviario (ESPAÑA)</p>	<p>Consultor Ferroviario especializado en telecomunicaciones, sistemas de información, señalización y seguridad con más de 18 años de experiencia en proyectos ferroviarios, a nivel empresarial, gerencial y técnico, contando con 10 años de experiencia en actividades de consultoría y evaluación RAMS. He desarrollado un conocimiento profundo de los sistemas de señalización estándar, los estándares y tecnologías de telecomunicaciones y tengo experiencia práctica en su aplicación directa a entornos ferroviarios. He adquirido experiencia teórica y práctica en diversos subsistemas estructurales ferroviarios (tales como control-mando y señalización, material rodante, energía e infraestructura) además de en los funcionales como operación y gestión y mantenimiento del tráfico.</p>
<p>Mauro Tavares</p>	<p>Verificación y Revisión (BRASIL)</p>	<p>1998: Postgrado. Diplomado USP Q / E / S Sistema de Gestión Graduado 1987: Dr.Scient Inst.Nac.Poly de Toulouse Ingeniería Física Graduada 1984: Maestría en Ciencias Ins.Nat.Poly. De Toulouse Ingeniería Física Graduada 1979: Licenciatura en Ingeniería Escola de Engenharia Maua Graduada en Metalurgia y Ciencias de los Materiales. 20 años de experiencia profesional trabajando en empresas multinacionales y nacionales en Brasil y en el exterior como ingeniero de investigación y desarrollo de materiales, gerente de tecnología y mejora de procesos, gerente de sistemas de gestión de calidad, consultor QSEMS y gerente de sistemas de gestión de seguridad y medio ambiente. Trabajé para empresas que se dedican a la producción de materiales de construcción, cerámica, minería, consultoría SHEQ y producción de alimentos y bebidas. 5 años en DNV.</p>
<p>Nicole Padgett</p>	<p>Experto en Análisis Causa Raiz (COLUMBUS-USA)</p>	<p>Ingeniera Principal en el Grupo de Análisis de Causa Raiz dentro de la Sección de Investigación de Incidentes de DNV GL USA, Inc. Experiencia centrada en las investigaciones de incidentes e ingeniería de la corrosión / materiales. La Dra. Padgett obtuvo su licenciatura, maestría y doctorado en Ciencia e Ingeniería de Materiales de la Universidad Estatal de Ohio. Su tesis doctoral se centró en investigar y caracterizar el comportamiento de agrietamiento por corrosión bajo tensión de las aleaciones de Al-Li-Cu en entornos de agua salada. Sus estudios incluyeron una variedad de técnicas analíticas que incluyen electroquímica, microscopía y pruebas mecánicas. En DNV GL, ha realizado respuesta a emergencias de campo, análisis de causa raíz, análisis de fallas y pruebas de laboratorio en las siguientes industrias: petróleo y gas, petroquímica, generación de energía, producción química, fabricación y transporte de placas / tuberías de acero y marítimo. En 2010/2011, fue una de las líderes técnicas en el sitio para la Investigación de Accidentes de Deepwater Horizon realizada por DNV GL. Sus responsabilidades incluían la gestión de personal, la ejecución del alcance técnico del trabajo y la coordinación de actividades con otros líderes técnicos. Debido a la exposición a este proyecto, ha adquirido un conocimiento sustancial en investigaciones y análisis de incidentes aplicados a sistemas complejos.</p>
<p>J. Raúl Avilés Atrián</p>	<p>Ingeniero Especialista, Gerente Técnico UV Gas, Recipientes y Ductos e Inspector de Soldadura (AWS-CWI).(MEXICO)</p> 	<p>Mi primer actividad fue de Julio de 1974 a Junio de 1975, como obrero en la construcción de obra civil y mecánica; de 1975 a 1978 trabajé en compañías constructoras metal-mecánicas, como asistente de soldadores y montadores de estructuras; de 1978 a 1982 obtuve un trabajo como soldador de estructuras y tuberías y alcancé la posición de supervisor de producción y control de proyectos; en 1983 trabajé de manera independiente en la elaboración de la ingeniería de detalle y despiece de secciones de estructuras para la construcción de un ingenio azucarero en el poblado de Tala, en Jalisco, México, después de contar con una ingeniería aprobada para construcción; de 1984 a 1994 trabajé para la empresa CIMEX, como inspector de pruebas no destructivas Nivel II, posteriormente fui calificado como Nivel III en las técnicas de IV, MT, PT, UT y RT, y participé como instructor de PND y de Generadores</p>

Nombre	Especialidad	Resumen de Experiencia
		<p>de Vapor, posteriormente alcancé la posición de Coordinador del área de Inspecciones en Servicio y finalmente como Gerente de la misma, realizando trabajos de inspección y mantenimiento en Centrales Termoeléctricas y Centrales de Ciclo Combinado, en las calderas y turbinas, en la sustitución de partes y componentes por daños físicos o vida remanente alcanzada, así como también en la Planta Nuclear "Laguna Verde" en Veracruz, México, para la Comisión Federal de Electricidad y para PEMEX en la Refinería Tula, en Hidalgo, México; de 1994 a 1997 trabajé para la empresa Bureau Veritas Mexicana, como Inspector/Certificador, Coordinador de Proyectos, Gerente de Proyectos, Responsable de Oficina y Representante Legal en Ciudad del Carmen, Campeche y Villahermosa, Tabasco, participé en la inspección y verificación de la fabricación de tubería, la construcción y tendido de ductos costa afuera y en tierra, para PEMEX Exploración y Producción; de 1998 a la fecha yo he trabajado para Lloyd Germánico de México, representante en México de Germanischer Lloyd, para DNV GL México, en la fusión de Det Norske Veritas y Germanischer Lloyd, como Grupo DNV GL, y actualmente solo como DNV, como Inspector/Certificador, Coordinador de Proyectos, Gerente de Proyectos, Responsable de Oficina y Representante Legal en Villahermosa, Tabasco, en la construcción de ductos, en la evaluación y certificación de instalaciones terrestres y plataformas de PEMEX Exploración y Producción, posteriormente como Coordinador y Gerente del Área de Integridad Mecánica en la inspección interna, mantenimiento y certificación de ductos existentes para las diferentes subsidiarias de PEMEX, a través de contratos directos o subcontratos con empresas de inspección interna y constructoras, como auditor experto en la fabricación de</p>
Artemio Oropeza	Ingeniero Especialista, Estructural (MEXICO)	<p>PEMEX.Subdirección de Exploración y Producción Primaria, Sistema Troncal Ductos Centro, Sector Catalina, Catalina. 10 años de experiencia como como Ingeniero de Operación y Mantenimiento de Ductos de Transporte y Distribución de Hidrocarburos líquidos (mezclas, pozoleo y refinados como gasolinas, naftas y combustóleos), Gas Natural, Gas Propano y LP; Estaciones de Rebombeo, de Compresión de Medición/regulación e instalaciones petroleras relacionadas. Las actividades principales desarrolladas durante este periodo de servicio fueron:</p> <p>1. Mantenimiento a ductos:</p> <p>Corrosión. Mantenimiento y operatividad de sistemas de protección catódica tanto de corriente impresa, como de sistemas de drenado de corrientes por medio de camas anódicas. Medición y estadística de velocidades de corrosión interna en ductos de transporte y distribución. Medición de potenciales "on-off", DCGV, sistemas de protección interior con inhibidores, como parte de aplicación de programas de mantenimiento preventivo anual para los sistemas de transporte que comprenden al S.T.D.C. Sector Catalina. Administración de Integridad de Ductos. Programación y coordinación de aplicación de planes de mantenimiento de tubería; con daños mecánicos y de corrosión, de acuerdo a porcentajes estadísticos de falla, a corto, mediano y largo plazo, así como de mitigación de riesgo inmediato. Por medio sustitución de tramos de tubería (comprende: procura, fabricación, mano de obra, inspección y puesta en marcha), carreteo, cubierta por medio de envolventes y aplicación de técnicas de bobinado con resinas.</p>
Aquileo Segura	Especialista Civil	<p>Ingeniero Civil, Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, I.P.N, 1989, No.Ced. 2536778</p> <p>Aspirante a Grado de M.C, Sección de Estudios de Posgrado e Investigación, I.P.N, 1996.</p> <p>2008 a 2012, como Ingeniero Especialista Senior, desarrollando bases de diseño, Ingeniería de Detalle, elaboración de planos, catalogo de actividades, levantamiento de datos en campo, coordinación de proyectos, control de avances.</p> <p>2006 a 2008, como Especialista en proyectos de Certificación, revisando Ingeniería de Detalle y aplicación de Normas, Especificaciones, Códigos Nacionales/ Internacionales.</p> <p>2005 a 2006, como Ingeniero Especialista Senior, desarrollando bases de diseño, Ingeniería de Detalle, elaboración de planos, catálogo de actividades, levantamiento de datos en campo.</p>

Nombre	Especialidad	Resumen de Experiencia
		<p>2003 a 2005, inicio como Especialista en proyectos de Certificación, revisando Ingeniería de Detalle y aplicación de Normas, Especificaciones, Códigos Nacionales/ Internacionales.</p> <p>2001 a 2003, como responsable del departamento civil – estructural en diferentes empresas, coordinando proyectos, control de avances, elaboración de Ingeniería de Detalle.</p> <p>1996 a 2000, como Ingeniero Especialista Junior en diferentes empresas, desarrollando bases de diseño, Ingeniería de Detalle, elaboración de planos, catálogo de actividades, levantamiento de datos en campo. En 1998 realizo trabajos en Análisis de Esfuerzos con el software CAESAR II.</p> <p>1993, como auxiliar en la Residencia de Obras, realizando precios unitarios, cotización de materiales, supervisando trabajos de los contratistas.</p> <p>1994 a 1996, realizando estudios de Maestría.</p> <p>1991 a 1992, inicio como calculista, realizando levantamiento de datos en campo y como supervisor del área de seguridad estructural.</p>
Salomón Páramo Zetina	Especialista de Soporte (MEXICO)	<p>+15 años de experiencia profesional en la industria petrolera, incluyendo equipos de perforación, procesos químicos de exploración y producción . Su experiencia considera aspectos de Análisis de Riesgos a todos estos Procesos, Análisis Causa Raiz.</p> <p>Ha aplicado metodologías como BSCAT, HazOp, Que pasa si? FMEA, árboles de fallas, Matrices de Riesgo y análisis de Consecuencias, utilizando el software Phast Professional.</p>
Gustavo Godínez	Project Manager/Experto en Análisis Causa Raiz (MEXICO)	<p>+25 años de experiencia, Ingeniero Químico petrolero, experto en SCAT e International Safety/Sustainability Rating System, así como en más de 500 auditorías de sistemas de gestión Calidad, medio ambiente, salud y seguridad en sectores químico, petroquímico, petrolero, manufactura y servicios</p>
Carlos Godínez	Experto en Análisis Causa Raiz (MEXICO)	<p>+20 años de experiencia, Ingeniero mecánico, experto en SCAT e International Safety/Sustainability Rating Systems así como en sistemas de gestión Calidad, medio ambiente, salud y seguridad</p>
Milagro González	Project Manager	<p>Milagro tiene 15 años de experiencia profesional en la industria del petróleo y gas, incluidas las plantas de procesos químicos, exploración y producción, petroquímica. Su experiencia considera aspectos del análisis de riesgo de procesos y seguridad funcional. Tiene una Certificación en Evaluación de Riesgos (No. UVDUC 004, NOM-027-SESH-2010) y también está certificada como Ingeniera de Seguridad Funcional (TUV Rheinland). Sus inicios consideran actividades como asistente de riesgo en SGS, que luego se convirtió en líder de procesos de riesgo y análisis ambiental de riesgos. En DNV GL, comienza como líder en riesgos de proceso, desarrollando estudios ambientales y análisis de riesgos de procesos en instalaciones, proyectos de construcción y campos petroleros de PEMEX, estudios de análisis de impacto, estudios de plan de inspección basada en riesgos. Ha sido líder investigaciones casusa raiz, así como de análisis de riesgo de procesos y coordinador aplicando metodologías de HazOp, What If ?, FMEA, Árbol de Fallas, Árbol de Eventos, Matriz de Riesgo, Análisis de Capa de Protección, Determinación de SIL, Análisis de Consecuencias usando software PHAST Profesional.</p>
Enone Cao	Project Manager (suplente)	<p>2008: Master en Ciencias Universidad de la Coruña Arquitecto Naval e Ing. Marítimo.</p> <p>Ingeniero senior de diseño marino y consultor de DP en las oficinas de GMC con sede en Londres (Reino Unido), Abu Dhabi (Emiratos Árabes Unidos) y Singapur.</p> <p>Ingeniero de proyectos en prácticas en la cuenca del modelo de barco de Hamburgo (HSVA), en el Departamento de Propulsión y Resistencia, Hamburgo (Alemania)</p>




Acerca de DNV

Impulsada por nuestro propósito de salvaguardar la vida, la propiedad y el medio ambiente, DNV permite a las organizaciones avanzar en la seguridad y sostenibilidad de sus negocios. Brindamos clasificación y aseguramiento técnico junto con software y servicios de asesoría de expertos independientes para las industrias marítima, de petróleo y gas y de energía. También brindamos servicios de certificación a clientes en una amplia gama de industrias. Operando en más de 100 países, nuestros 16,000 profesionales están dedicados a ayudar a nuestros clientes a hacer un mundo más seguro, más inteligente y más verde.