

Evaluación del estado de conservación y resistente de estructuras de la Línea Amarilla (Lima, Perú)

Assessment of the state of conservation and structural safety of structures on the Línea Amarilla highway in Lima, Perú

Kerman Vázquez Fernández ^a, Damián Javier Terrasa Díaz ^b y Gonzalo Arias Hofman ^c

^aIngeniero Civil. Ingeniero de proyectos. Ines Ingenieros Consultores.

^bIngeniero de Caminos, Canales y Puertos. Director de proyectos. Ines Ingenieros Consultores.

^cIngeniero de Caminos, Canales y Puertos. Responsable de Ingeniería de mantenimiento. Ines Ingenieros Consultores.

RESUMEN

INES Ingenieros Consultores ha desarrollado para LAMSAC (empresa perteneciente al grupo Vinci Highways), concesionaria de la Vía Expresa Línea Amarilla (Lima, Perú) una evaluación de riesgo y estado resistente de las estructuras de dicha concesión, la cual dio comienzo en el año 2009. El proyecto se ha constituido en varias etapas contractuales en las que se han llevado a cabo diversos trabajos; desde la primera inspección visual en campo, la posterior caracterización geométrica y de materiales de las estructuras mediante los ensayos pertinentes, hasta las comprobaciones estructurales finales realizadas en gabinete.

ABSTRACT

A risk and strength state assessment of structures belonging to the concession *Vía Expresa Línea Amarilla* (Lima, Peru) was conducted by *Ines Ingenieros Consultores* for LAMSAC (concession company since 2009 within the Vinci Highways group). The project was developed in several contract stages encompassing a number of works, including the first on-site visual inspection, subsequent geometric and materials characterization through relevant tests and final structural checks undertaken at the office.

PALABRAS CLAVE: concesión, evaluación estructural, sismo, incertidumbre normativa, durabilidad, seguridad.

KEYWORDS: concession, structural assessment, seism, regulatory uncertainty, durability, safety.

1. Introducción

LAMSAC es una empresa perteneciente al grupo Vinci Highways, que tiene a su cargo la concesión que contempla la Vía Expresa Línea Amarilla y la Vía de Evitamiento. Esta concesión le fue otorgada por la Municipalidad de Lima en 2009.

La concesión de la Vía de Evitamiento cuenta con una longitud total de 16 km, desde el Trébol de Javier Prado hasta el Óvalo de

Habich. Es en estos 16 km donde se ubican 30 estructuras que han sido objeto de evaluación.

Con la Línea Amarilla se integran 11 distritos de Lima, contribuyendo a la mejora de la gestión del tráfico y a la revalorización de la ciudad. Además, la vía forma parte de la ruta Panamericana; un sistema de carreteras que vincula a casi todos los países del Continente.



Figura 1. Mapa de la Vía de Evitamiento y ubicación de las estructuras.

En noviembre de 2018 dieron comienzo los trabajos, en los que se llevaron a cabo las inspecciones principales de 30 puentes o pasarelas, evaluando su estado de conservación general. En estas inspecciones se incluyeron 10 estructuras cuya conservación corresponde a la Municipalidad de Lima, y no a LAMSAC, pero que afectan a la concesión o se encuentran en sus inmediaciones.

Posteriormente se puso en marcha una segunda etapa, cuyo objetivo era realizar una evaluación del estado de conservación y resistente de 7 puentes vehiculares y 13 puentes peatonales, cuya conservación es responsabilidad de LAMSAC. Para acometer estas evaluaciones, se puso en marcha una campaña de búsqueda de información en varios archivos locales, contando con la colaboración de contactos en Lima que facilitaron las relaciones, y la obtención de información en poder de la administración. Por otro lado, se realizaron levantamientos geométricos de aquellas estructuras de las que no se disponía de información alguna.

A continuación, se llevó a cabo la caracterización de los materiales mediante ensayos no destructivos y la extracción de testigos en algunos puntos de ciertas estructuras, los cuales fueron extrapolados a otras mediante correlaciones contrastadas en la bibliografía. Finalmente, se realizaron las comprobaciones estructurales dadas en la normativa vigente en 2019 [1-2], así como una reevaluación de aquellos

elementos estructurales que incumplían dicha normativa, pero esta vez de acuerdo con la normativa vigente en 2008 [3-4]. Esta última era la normativa vigente cuando LAMSAC recibió la concesión en 2009.

Se expone a continuación la experiencia que ha supuesto desarrollar trabajos multidisciplinares en un medio local tan particular, donde la seguridad, la incertidumbre normativa y las comunicaciones con los interesados han condicionado las diferentes etapas del proyecto.

2. Inventario e inspección principal

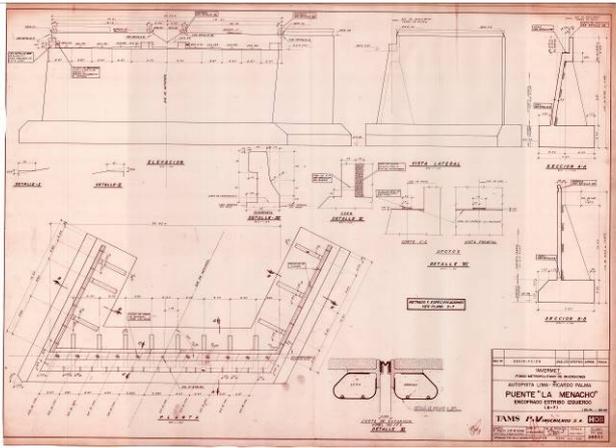
2.1 Recopilación de documentación e inventario de las estructuras

Previamente a la realización de la inspección propiamente dicha, se llevó a cabo una recopilación de información, en la que LAMSAC colaboró de manera activa; proporcionando un listado con las estructuras objeto de estudio y diversa documentación sobre la mayoría de éstas.

Con el fin de completar la documentación disponible, se contrató a un ingeniero local que ejerció la figura de “facilitador” constituyendo una red de contactos entre la Municipalidad de Lima y otras empresas locales del sector para conseguir información relativa a las estructuras; lo que al parecer es una práctica habitual y muy extendida para la búsqueda de documentos “extraviados” de la Municipalidad.

Con todo lo anterior, pudo constituir un inventario para cada una de las estructuras (tan completo como la calidad de la información recibida lo permitió), y que a su vez fue útil para el resto de las etapas del proyecto.

El inventario se llevó a cabo según la metodología empleada en España [5] y [6].



**Figura 2. Planos originales puente Ramiro Prialé.
Año 1982.**

2.2 Inspecciones principales

La primera toma de contacto con las estructuras se produjo en noviembre de 2018, cuando se llevó a cabo su inspección principal, durante la cual se definió de manera minuciosa el estado de los elementos de cada una de ellas, es decir, se realizó una auténtica auscultación de las estructuras.

Para la realización de las inspecciones principales, Lima no puso las cosas fáciles, pues interpuso numerosos obstáculos entre el equipo de trabajo y las estructuras. Cabe destacar, entre otros, el denso y continuado tráfico, a lo que se le suma la peligrosidad e inseguridad de algunos distritos de Lima.

2.2.1 Análisis del estado de conservación

Durante este primer reconocimiento se detectaron daños estructurales graves, la mayoría directamente ligados a la insuficiencia de gálibo que actualmente presta la vía, no compatible con las características de los vehículos pesados que transitan la Panamericana (véase las figuras 3 y 4). Esto ocurría casi siempre en las estructuras conservadas por la Municipalidad de Lima.

Tal era la gravedad de estos daños que se dio parte de manera inmediata a los responsables de LAMSAC. Un claro ejemplo de la problemática descrita se refleja en el puente vehicular de Huánuco, que en la actualidad se

encuentra tal y como muestra la figura 4.



Figura 3. Viga lateral de puente vehicular Santa Rosa sobre la Vía Evitamiento.



Figura 4. Tablero del Puente vehicular Huánuco sobre la Vía de Evitamiento.

Por otro lado, se observaron daños durables en dos de los puentes peatonales de hormigón. Estos último fueron la principal preocupación de LAMSAC desde un inicio. Los daños observados en estas estructuras fueron: desconchones con armadura vista debidos a la corrosión de las armaduras en los voladizos de los tableros, y fisuras en los elementos de hormigón en las escaleras de acceso. En la primera inspección, se asignó a problemas durables la causa de los deterioros citados (carbonatación del hormigón, despasivación de las armaduras), lo que motivó a que la campaña de ensayos y caracterización de materiales se intensificara en esas estructuras.

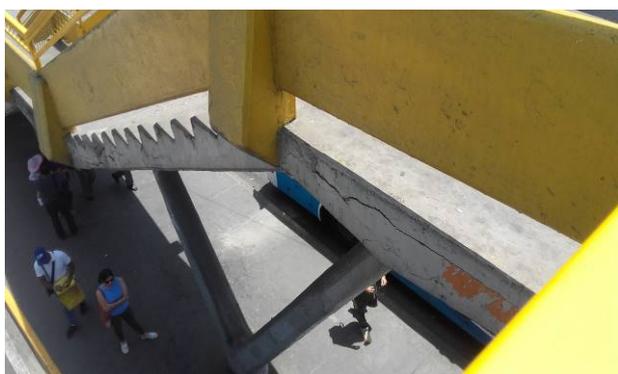


Figura 5. Fisuras en las escaleras de acceso al puente peatonal Porvenir.

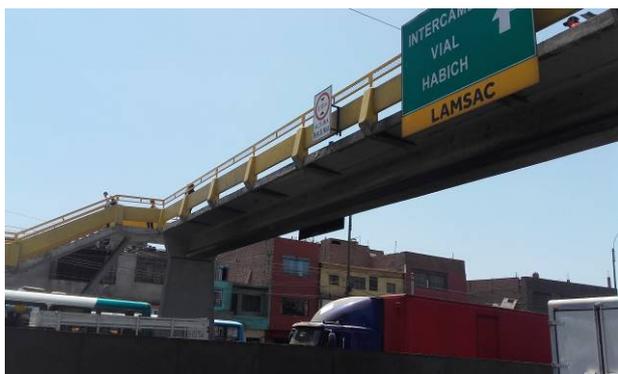


Figura 6. Vano principal del puente peatonal Porvenir.

Las pasarelas metálicas presentaban, en general un estado de conservación adecuado, a excepción de dos de ellas, en las que se detectaron fuertes impactos en el tablero de una de ellas, y procesos de corrosión en las vigas metálicas del tablero que había derivado en la pérdida de parte de la sección de éstas.

En esta segunda estructura (Puente peatonal Santa Rosa), fue necesario llevar a cabo una nueva evaluación estructural considerando espesores más pequeños en los perfiles metálicos que formaban el tablero.

En el caso de los puentes peatonales

metálicos no se identificaron patologías relacionadas con un problema de insuficiente gálibo, como sí lo fue en el caso de los puentes vehiculares de hormigón

Sin embargo, sí se pudo observar el mal estado de los aparatos de apoyo en muchos de los puentes vehiculares, observándose que la mayoría ni siquiera constituían un aparato de apoyo zunchado, sino una serie de planchas de neopreno, apiladas unas sobre otras.



Figura 7. Aparatos de apoyo en la pila del puente vehicular Huáscar.

Tras la campaña de inspección principal de las 30 estructuras definidas por la Concesión LAMSAC (20 de ellas dependientes directamente de la Concesión, en color azul en el gráfico incluido más adelante, y las otras 10 dependientes de la Municipalidad, en color gris, estas últimas enclavadas en las inmediaciones de la Concesión de la Vía Expresa Línea Amarilla) se pudo obtener una calificación para cada una de ellas, según la metodología de inspección aplicada [7]. Se adjunta a continuación un gráfico resumen de la calificación obtenida por cada estructura.

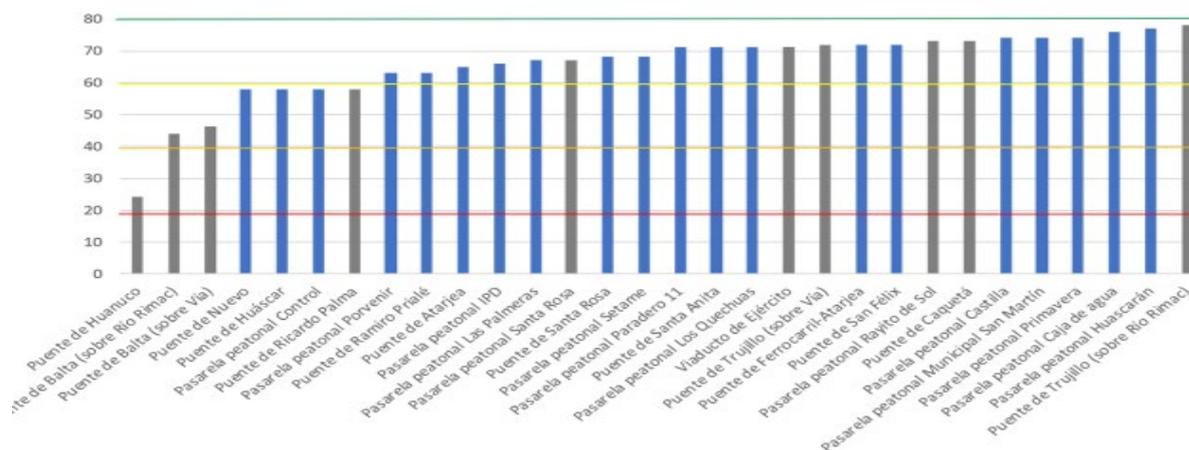


Figura 8. Calificación de las estructuras tras las inspecciones principales.

Analizando los resultados, se puede observar que la mayoría de las estructuras presentan una calificación de entre 60 y 70 sobre 100 (siendo 100 el estado de conservación óptimo). Tres de las estructuras tienen una calificación inferior a 50, entre las que se encuentra la peor, con una nota de 24 sobre 100 (Puente vehicular Huánuco).

De lo anterior se concluye que el estado de conservación general es bueno (60 – 70 sobre 100) a excepción de los casos puntuales citados anteriormente.

3. Campaña de caracterización de materiales

La caracterización de materiales se llevó a cabo mediante ensayos destructivos en las estructuras de hormigón y no destructivos en las estructuras de acero. En estas últimas, los esfuerzos se centraron en realizar un adecuado levantamiento geométrico e investigar el tipo de acero estructural empleado, contactando con empresas locales y analizando la documentación previamente obtenida.

3.1 Ensayos no destructivos: hormigón y acero

Para la posterior evaluación estructural de los puentes peatonales metálicos era fundamental, en ausencia total de planos, realizar un adecuado levantamiento geométrico. Para ello, se emplearon distintos equipos de medición incluyendo un medidor de espesores empleado para caracterizar de manera exacta a los perfiles y chapas (véase figura 9).

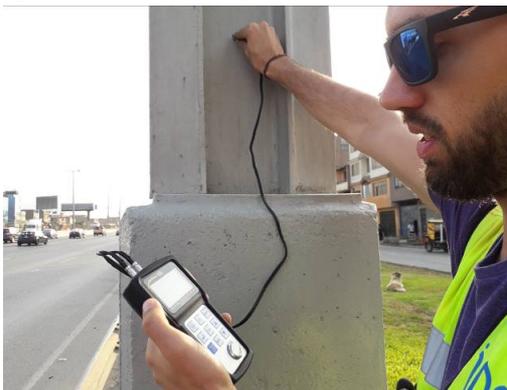


Figura 9. Medidor de espesores.

Las características del acero estructural se obtuvieron de unos antiguos planos de una estructura similar, que fueron contrastados consultando a ingenieros locales sobre el tipo de acero empleado habitualmente en la época de construcción, que data de 1990 (acero A-36: límite elástico 252 N/mm^2). Ese fue el valor adoptado en las comprobaciones: de lo contrario, una caracterización mediante ensayos hubiera conllevado cortes de tráfico (en horario nocturno) y posibles mermas locales de la capacidad resistente en la estructura.

En las estructuras de hormigón se empleó un georradar para definir la disposición del armado (y poder tener una idea aproximada del diámetro de las barras) y comparar estos resultados con los esquemas de armado de los planos disponibles (véase figura 10).

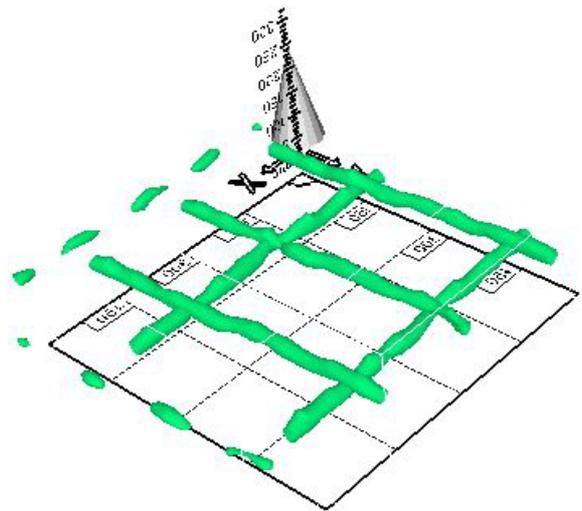


Figura 10. Procesado de datos del georradar para la caracterización del esquema de armado.

3.2 Ensayos destructivos: estructuras de hormigón

Los ensayos destructivos se centraron en dos puentes peatonales de hormigón: Porvenir y Control. Para estas estructuras no se disponía de documentación alguna, y suponían una prioridad para el cliente, ya que estas habían presentado daños durables durante los últimos años de la concesión, a pesar de haber sido reparadas anteriormente.

Se planteó una campaña para caracterizar

estas estructuras mediante la extracción de testigos en sus pilas, los cuales fueron sometidos a ensayos de resistencia a compresión simple y estudio de la profundidad de carbonatación del hormigón.

De los restos de las extracciones se tomaron muestras para realizar ensayos químicos: concentración de sulfatos y cloruros.

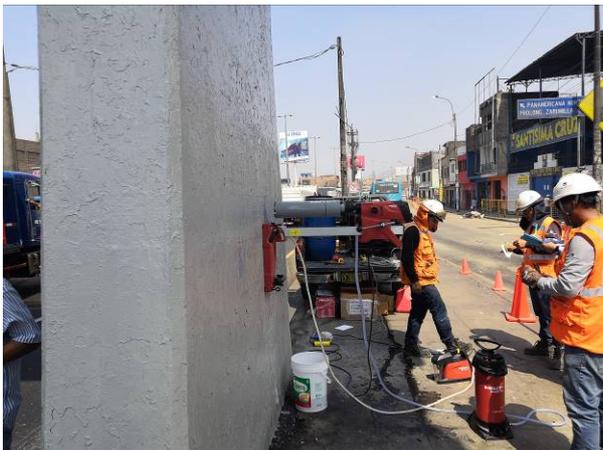


Figura 11. Extracción de testigos en el puente peatonal Porvenir.



Figura 12. Profundidad de carbonatación en los testigos del puente peatonal Porvenir.

Para la caracterización de la viga principal se tuvo la fortuna de contar con un elemento idéntico de una antigua estructura acopiada en un solar a las afueras de la ciudad. Sin el condicionante de un corte de tráfico, y con el permiso por parte del cliente de poder practicar cualquier ensayo sobre la viga, la caracterización del esquema de armado y los ensayos fueron tan completos que sustituyeron la ausencia de planos.

Así pues, se practicaron rozas en el centro y extremos de vano para describir la parábola del pretensado y caracterizar armadura pasiva. Además, se realizaron testigos en el alma de esta, sobre los que se llevaron a cabo los mismos ensayos que en los testigos de las pilas (ensayos de compresión simple y ensayos químicos).



Figura 13. Roza en el centro de vano de la viga acopiada.

3.3 Análisis de los resultados

Tras analizar los testigos, se pudo observar que el frente carbonatado había alcanzado la posición de las armaduras más superficiales de ambas estructuras (recubrimientos de 25 mm).

Además, los resultados de los ensayos químicos evidenciaban un problema de contaminación por exceso de cloruros en la estructura, que superaban los umbrales establecidos en varias normas de referencia: EHE - 08 [8], por ejemplo. La siguiente tabla muestra los porcentajes de concentración de cloruros obtenidos respecto al peso del hormigón en cada una de las estructuras.

Tabla 1. Contenido de cloruros referidos al peso del hormigón. Muestras Porvenir y Control.

Puente	Localización	Porcentaje cloruros (%)
P. Control	Pila	0.01
P. Control	Losa	0.08
P. Control	Viga	0.04
P. Porvenir	Pila	0.01
P. Porvenir	Losa	0.08
P. Porvenir	Viga	0.04
Límites EHE – 08 (H.A)		0.06
Límites EHE – 08 (H.P)		0.03

A partir de los resultados obtenidos en los ensayos de resistencia a compresión simple (véase tabla 2), se consideró un hormigón de calidad media, de 250 kg/m³ de cemento, lo que permitió establecer los límites propuestos por la EHE – 08 [8] (véase tabla 1).

Los resultados de las probetas sometidas a compresión simple fueron buenos y homogéneos (24 MPa en las pilas, y 26 MPa en la viga del tablero, de media).

Tabla 2. Resultados de ensayos a compresión simple.

Puente	Localización	Resistencia a compresión (N/mm ²)
P. Control	Pila 1	24.3
P. Control	Pila 2	20.0
P. Porvenir	Pila 1	22.0
P. Porvenir	Pila 2	18.7
Acopiada	Viga 1	26.8
Acopiada	Viga 2	25.8

Si bien el estado durable de la estructura no se catalogó como grave, sí era algo comprometido en cuanto a la disminución de su vida útil. En cualquier caso, los problemas durables no suponían una merma importante en la capacidad estructural.

4. Condicionantes del entorno: el tráfico y la seguridad

El denso y continuado tráfico a lo largo de todo

el día, sin apenas distinciones entre horas punta y horas valle, puso en dificultades el cumplimiento de los plazos de trabajo establecidos. El traslado a las estructuras no era tarea sencilla, puesto que la velocidad media de circulación en la vía es de 6 km/h debido al tráfico, especialmente de vehículos pesados. A pesar de lo anterior, el tráfico acabó convirtiéndose en un mal menor ya que se contó con los servicios de un conductor local que facilitó los accesos gracias a su conocimiento de rutas alternativas a la vía principal y de cuáles eran las zonas más seguras.

Por otro lado, y a modo anecdótico, hay que mencionar que para viajar con el georradar fue necesario tramitar un permiso especial firmado por el cliente. A pesar de ello, la aerolínea obligó a que las baterías de este equipo formaran parte del equipaje de mano, y no fuera posible su facturación.

A modo no tan anecdótico, la seguridad sí supuso un problema para el desarrollo de los trabajos de campo, más en esta ocasión, ya que se portaban equipos caros. Por ello, se contó con presencia policial en todo momento (contratada por INES, al igual que el conductor local), y todo el equipo recibió una instrucción por parte de la empresa encargada de realizar la extracción de los testigos (Freysinet, Perú), sobre seguridad frente a situaciones excepcionales: robos con violencia e incluso posible fuego cruzado, entre otros.

El ocaso ponía fin a los trabajos en campo cualquiera que fuera su estado, pues era entonces cuando la ciudad de Lima y los distritos colindantes no eran capaces de garantizar el orden y la seguridad en sus calles.

5. Evaluaciones estructurales

5.1 Comprobaciones con normativa vigente en 2019

Una vez finalizados los trabajos de campo previamente expuestos, se procedió a realizar las comprobaciones estructurales pertinentes mediante modelos de cálculo, para lo que se empleó la normativa vigente en 2019 [1, 2].

5.1.1. Comprobaciones en situación no accidental

Se comprobaron los diferentes elementos estructurales frente a cargas verticales (peso propio, carga muerta y sobrecarga) y también horizontales (acciones térmicas y, en los casos que correspondía, frenado de vehículos y retracción del hormigón).

Los resultados de las comprobaciones anteriores fueron buenos, y se pudo observar que todas las estructuras cumplían los requerimientos exigidos por la normativa, obteniéndose coeficientes de seguridad superiores a 1.

Sin embargo, se pudo comprobar que los aparatos de apoyo presentaban una altura insuficiente y no cumplían con lo establecido en la norma actualmente vigente. A esto hay que sumarle lo ya comentado en el apartado 2.2.1 acerca de la inadecuada composición de dichos aparatos de apoyo: esto ocurriría en todos los apoyos de todos los puentes vehiculares.

5.1.2. Comprobaciones frente a sismo

Lima (Perú) se sitúa en una zona de gran potencial sísmico.

El último gran evento registrado data del 3 de octubre de 1974, que se saldó con la vida de 252 personas. En estos casos las comprobaciones frente a sismo han de ser rigurosas y estudiadas en detalle.

Para ello, se modelizó el sismo mediante un espectro definido en el Manual de Diseño de Puentes del Perú 2016 [2]; espectro muy similar (por no decir idéntico) al que propone la normativa AASHTO [1].

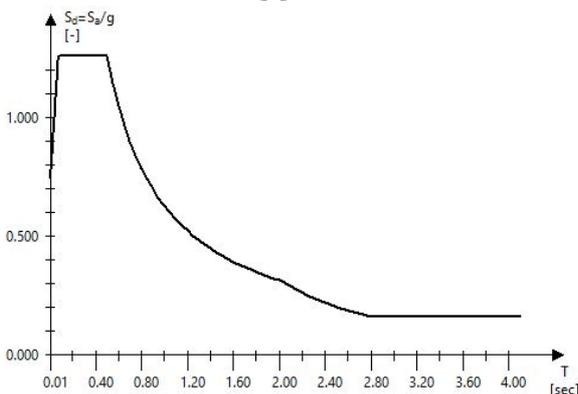


Figura 14. Espectro sísmico según [2].

Tras aplicar el espectro en los modelos, los resultados obtenidos no fueron muy positivos. Un total de 14/20 estructuras incumplía frente a sismo (11 puentes peatonales metálicos y 3 puentes vehiculares de hormigón). De estos resultados, rápidamente se concluyó que, a pesar de tratarse de una zona de riesgo, las estructuras no fueron concebidas para soportar un sismo.

LAMSAC puso de manifiesto su preocupación ante estos hechos, máxime cuando tras un silencio sísmico de 45 años, la probabilidad de ocurrencia es notoria.

5.2 Comprobaciones con normativa vigente en 2008

En agosto de 2019 dio comienzo una nueva etapa, cuyo objetivo era reevaluar todas aquellas estructuras que incumplían alguna comprobación con la normativa vigente en 2019. La reevaluación en esta ocasión se llevaría a cabo con normativa vigente en 2008 [3, 4]. El objetivo no era otro que conocer el estado estructural y de conservación en el que LAMSAC recibió las estructuras cuando dio comienzo su concesión (comienzos de 2009).

5.2.1. Comprobaciones en situación no accidental

A estos efectos: peso propio, carga muerta y sobrecarga, y también los horizontales (frenado, retracción y acciones térmicas), la normativa vigente en 2019 y 2008 son iguales, por lo que todas aquellas comprobaciones estructurales que incumplían – o cumplían – con la normativa vigente en 2019, también lo harían ante esta nueva reevaluación.

Cabe destacar que durante la primera evaluación estructural (normativa vigente en 2019) una de las pasarelas metálicas (Municipalidad de San Martín) incumplía por pandeo lateral de las alas inferiores en la zona de momento negativo (apoyo central). Dichas comprobaciones se realizaron sin tener en cuenta rigidizadores transversales, ya que en ausencia de planos y ante la imposibilidad (por la falta de accesibilidad) de caracterizarlos en campo, estos no se tuvieron en cuenta.

Para la reevaluación se pudo contar con documentación gráfica que evidenciaba la presencia de rigidizadores transversales espaciados cada 3 m.

Una vez conocido este aspecto se emitió una nueva edición del informe inicial de evaluación con normativa vigente en 2019, y en este caso sí que cumplía.

5.2.2. Comprobaciones frente a sismo

Como ya ha sido dicho, durante las evaluaciones estructurales frente a normativa actual, se empleó un espectro sísmico definido según la normativa [2], tal y como se puede ver en la figura 14.

Sin embargo, en la normativa de referencia, y aplicable en las reevaluaciones estructurales: Manual de Puentes del Perú 2003 [4], vigente en 2008, definía un espectro sísmico distinto; a priori mucho más favorable que el anterior. Más tarde se pudo observar que no en todos los casos estudiados era así.

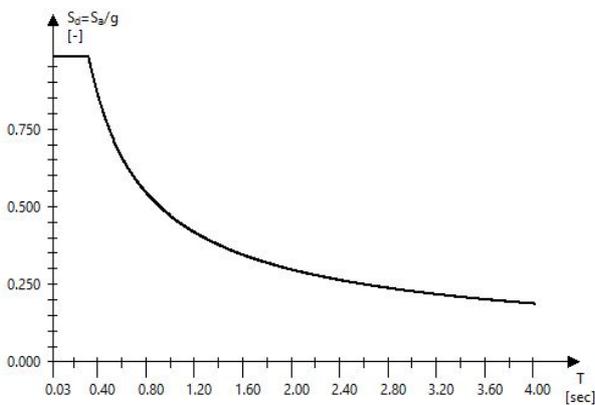


Figura 15. Espectro sísmico según [4].

Tras superponer ambos espectros sísmicos (véase figura 14 y 15) se pudo observar que para los periodos cuyo valor fuera inferior a $T = 1.1$ s, el espectro devolvía valores de la aceleración de cálculo más favorables que el definido por la normativa vigente en 2019.

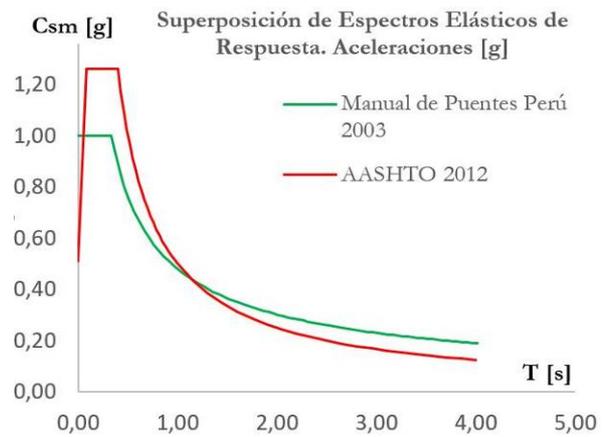


Figura 16. Superposición de espectros sísmicos.

Bajo la circunstancia anterior se observó que todas las pasarelas metálicas pasaban a cumplir las comprobaciones (coeficientes de seguridad en torno a 1) frente a sismo, ya que el periodo de estas era inferior a $T = 1.1$ s, por lo que la aceleración de cálculo era más favorable.

Sin embargo, no ocurría lo mismo en los grandes puentes vehiculares de hormigón ni en los puentes peatonales de hormigón, pues el periodo de vibración de estos era superior a $T = 1.1$ s, por lo que el nuevo espectro sísmico (MTC, 2003 [4]) resultaba más desfavorable en estos casos.

Los periodos son función de la masa y la rigidez de las estructuras, y vienen definidos por la ecuación (1), lo que explica los diferentes periodos según las características de las estructuras.

$$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m}{k}} \quad (1)$$

Es importante mencionar que el MTC 2003 aplica unos factores de modificación de respuesta “R” según una clasificación previa de las estructuras. A diferencia de la etapa anterior, en esta ocasión, sí se encomendó realizar dicha clasificación al cliente. A petición de este, las estructuras quedaron clasificadas de la siguiente manera: puentes vehiculares como “puentes críticos”, y los puentes peatonales como “otros puentes”. En base a esta clasificación se asignaron los valores de modificación de respuesta “R” en cada una de las estructuras,

siendo más desfavorable, obviamente, en los “puentes críticos”.

Finalmente, y con el objetivo de llevar a cabo una comprobación frente a sismo que fuera concluyente, hubo que realizar rozas en las pilas de los puentes peatonales Porvenir y Control, y definir el diámetro de su armadura vertical (véase figura 17).

Una vez conocido el diámetro de las armaduras (5/8 de pulgada, equivalente a un \varnothing 16 mm) se comprobó que las pilas seguían sin cumplir las comprobaciones frente a sismo.



Figura 17. Roza en la pila del puente peatonal Porvenir. Diámetro y espaciado.

6. Resumen y conclusiones

En noviembre de 2018, INES Ingenieros fue adjudicatario para la realización del proyecto: Evaluación de Riesgo de las Estructuras de la Línea Amarilla, en Lima (Perú). El proyecto quedó estructurado en dos etapas: inventario e inspección principal y, caracterización de materiales y evaluación de su estado resistente.

Cada una de las etapas requirieron diversos trabajos, condicionados por un entorno local singular, y al cual fue necesario adaptarse para cumplir la declaración de alcance del proyecto. Alcance cuyo objetivo no era otro que conocer los activos, saber acerca de su estado de conservación, y garantizar la seguridad de las personas minimizando el riesgo de posibles fallos estructurales,

independientemente del marco normativo aplicado.

Se puede concluir esta experiencia con las siguientes lecciones aprendidas:

En primer lugar, se ha podido tener constancia de las graves consecuencias derivadas de los problemas de insuficiente gálibo en una ruta tan comercial como es la Panamericana. Llama la atención, ya que esto no es tan frecuente en rutas comerciales de otros países en los que se había trabajado previamente.

Por otro lado, la etapa de caracterización de materiales fue todo un reto logístico. Más allá de los aspectos técnicos; la coordinación con empresas locales, el cliente y los miembros de protección policial no resultó una tarea sencilla en ningún caso. Para todos estos aspectos logísticos, no se tuvo una previsión específica, más allá de lo que pudiera planificarse para una campaña de caracterización similar en un país como por ejemplo Chile o Uruguay, lo que condicionó la campaña de campo.

Finalmente, en las comprobaciones estructurales, para las que se emplearon normativas de diferentes épocas, tanto locales como internacionales, se destaca la incertidumbre (por no decir vacíos normativos) de alguno de sus capítulos en el primer caso, y la interpretación de otros en el segundo caso, que condicionaron las comprobaciones. Por ello, se utilizó normativa conocida como apoyo. En esta misma línea, sorprendió especialmente que las estructuras no estuvieran concebidas para resistir un evento sísmico, tratándose de una zona potencialmente propensa para ello.

Referencias

- [1] AASHTO. LRFD. Standard Specifications for Highway Bridges, 6th ed., American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, DC – 2011.
- [2] Dirección General de Caminos y Ferrocarriles. Manual de Puentes, Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Lima, 2016.
- [3] AASHTO. LRFD. Standard Specifications for Highway Bridges, 4th ed., American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, DC – 2007.
- [4] Manual de Diseño de Puentes. Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Lima, 2003.
- [5] Guía para la realización del inventario de obras de paso, Ministerio de Fomento, Madrid, 2009.
- [6] Manual para la realización del inventario de estructuras. INES Ingenieros, Madrid, 2018.
- [7] Guía para la obtención de la calificación en una inspección principal. INES Ingenieros. Madrid, 2018.
- [8] Comisión Permanente del Hormigón, Instrucción de Hormigón Estructural EHE-2008, Ministerio de Fomento, Madrid, 2008.