



Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales

Informe: EIC-Lanamme-INF-0634-2022

INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

PUENTE PEATONAL SOBRE RUTA NACIONAL N.º 39 (PARQUE DE LA PAZ)



Preparado por:
Unidad de Puentes
Programa de Ingeniería Estructural



San José, Costa Rica
19 de mayo, 2022



Página intencionalmente dejada en blanco



1. Informe: EIC-Lanamme-INF-0634-2022		2. Versión n.º 1
3. Título y subtítulo: INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL PUENTE PEATONAL SOBRE RUTA NACIONAL N.º 39 (PARQUE DE LA PAZ)		4. Fecha del Informe 19 de mayo de 2022
5. Organización y dirección Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales, Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica. Tel: (506) 2511-2500		
6. Palabras clave 2022, Puentes red vial nacional, Informe de inspección especial, EIC-Lanamme-INF-0634-2022 Ruta Nacional n.º 39, Puente peatonal, Parque de la Paz, Unidad de Puentes.		
7. Información general Este informe de inspección especial del puente peatonal sobre la Ruta Nacional N.º 39 (Parque de la Paz), es un producto de las inspecciones de puentes en servicio que realiza la Unidad de Puentes del Programa de Ingeniería Estructural – LanammeUCR. Este informe se realiza, en el marco de las competencias asignadas al LanammeUCR según se indica en el artículo 6 de la Ley n.º 8114. Esta inspección se desarrolló de acuerdo al alcance de acreditación n.º OI-045, alcance disponible en www.eca.or.cr . Este informe de inspección de puentes tiene validez únicamente en su forma íntegra y original. No se permite la reproducción parcial de este documento sin la autorización del director del LanammeUCR. La firma n.º 11 no se encuentra dentro del proceso de acreditación.		
8. Inspección e informe por: Inspector nivel 1 - Unidad de Puentes	9. Inspección y revisión por: Inspector nivel 3 - Unidad de Puentes	10. Revisado y aprobado por: Coordinador Unidad de Puentes y del Programa de Ingeniería Estructural
11. Revisión legal por: Asesor Legal LanammeUCR		



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA

LanammeUCR

Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

EIC-Lanamme-INF-0634-2022

Código: RC-471 – Vers.: 04 - vigente desde 15/12/2021

Página 4 / 44

Página intencionalmente dejada en blanco



RESUMEN EJECUTIVO

Este informe presenta la *inspección especial* del puente peatonal sobre la Ruta Nacional n.º 39 (Parque de la Paz), ubicado en el kilómetro 9,905 de la Ruta Nacional n.º 39.

En la Tabla R.1 se muestra la siguiente información: principales deficiencias identificadas en los elementos, la calificación de condición resultante del elemento y recomendaciones generales de intervención.

Tabla R.1. Principales deficiencias por elemento, *Calificación de la condición* del elemento (CE) y recomendaciones generales de intervención

Elemento	Deficiencia/s observadas	CE	Recomendación
Juntas de expansión [10001]	Filtraciones de agua en las juntas abiertas que podría producir o acelerar el deterioro de los elementos ubicados debajo de las mismas.	Deficiente (4)	Programa de conservación
Superestructuras n.º 1 y n.º 3 tipo losa de concreto (rampas de acceso) [40501]	Patrón de agrietamiento denso que podría producir corrosión en el acero de refuerzo y comprometer la durabilidad del elemento.	Deficiente (4)	Programa de conservación
Tablero de concreto [40001]	Agrietamiento denso debido aparentemente a la flexibilidad del puente o a cargas mayores a las de servicio en el puente.	Alarmante (5)	Evaluación estructural – Programa de conservación / mejoramiento
Cables principales [41101]	Fracturas en los ductos de protección de los cables y corrosión superficial visible de alambres que pueden afectar la integridad estructural del puente	Alarmante (5)	Inspección detallada – Programa de mejoramiento



Tabla R.1. Principales deficiencias por elemento, *Calificación de la condición* del elemento (CE) y recomendaciones generales de intervención (cont.)

Elemento	Deficiencia/s observadas	CE	Recomendación
Tirantes [41101]	Corrosión con pérdida de sección en la conexión barra – mordaza de un tirante del cable Este del puente, que podría comprometer la integridad estructural de la superestructura.	Alarmante (5)	Programa de mejoramiento
Torres [50008]	Patrón denso de agrietamiento, delaminación del recubrimiento, desprendimientos de concreto y acero expuesto que podrían afectar la durabilidad del elemento y, eventualmente, la integridad estructural del puente.	Deficiente (4)	Inspección detallada – Evaluación estructural – Programa de conservación / mejoramiento



TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN.....	9
2.	OBJETIVOS	10
3.	ALCANCE DEL INFORME	11
4.	DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PUENTE	12
5.	PRINCIPALES OBSERVACIONES DE LA INSPECCIÓN ESPECIAL	17
5.1.	DEFICIENCIAS EN EL ELEMENTO: JUNTAS DE EXPANSIÓN, DEL COMPONENTE: ACCESORIOS	17
5.2.	DEFICIENCIAS EN EL ELEMENTO: LOSA DE CONCRETO, DEL COMPONENTE: SUPERESTRUCTURA N.º 1 Y N.º 3 (RAMPAS DE ACCESO). ...	18
5.3.	DEFICIENCIAS EN EL ELEMENTO: TABLERO, DEL COMPONENTE: SUPERESTRUCTURA N.º 2	19
5.4.	DEFICIENCIAS EN EL ELEMENTO: CABLES PRINCIPALES, DEL COMPONENTE: SUPERESTRUCTURA N.º 2.....	20
5.5.	DEFICIENCIAS EN EL ELEMENTO: TIRANTES, DEL COMPONENTE: SUPERESTRUCTURA N.º 2	22
5.6.	DEFICIENCIAS EN EL ELEMENTO: TORRES N.º 1 Y N.º 2, DEL COMPONENTE: SUBESTRUCTURAS.....	23
6.	OBSERVACIONES RELACIONADAS CON LA GESTIÓN DEL PUENTE	25
7.	CONCLUSIONES.....	27
8.	RECOMENDACIONES	29
8.1.	EN EL CORTO PLAZO:.....	29
8.2.	EN EL MEDIANO PLAZO:.....	31



9. REFERENCIAS.....	34
ANEXO 1 GLOSARIO	36
ANEXO 2 CRITERIOS PARA CALIFICAR LA CONDICIÓN DE LOS ELEMENTOS EVALUADOS EN EL PUENTE.....	41



1. INTRODUCCIÓN

Este informe de *inspección especial* del puente peatonal sobre la Ruta Nacional n.º 39 (Parque de la Paz), es un producto de las inspecciones de puentes en servicio que realiza la Unidad de Puentes del Programa de Ingeniería Estructural – Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LanammeUCR) y se realiza en el marco de las competencias asignadas al LanammeUCR según el artículo 6 de la Ley n.º 8114.

La *inspección especial* corresponde a una inspección no programada para monitorear una deficiencia ya conocida o que se sospecha que se ha presentado en alguno de los elementos o componentes del puente (AASHTO, 2018). Ésta también puede ser usada para monitorear detalles especiales o características inusuales de un puente que no necesariamente presenten deficiencias.

La *inspección especial* del puente peatonal se llevó a cabo el día 23 de febrero del 2022, a raíz de un reporte realizado por parte de un usuario, quien compartió fotografías donde se mostraban algunas deficiencias en la estructura.

A lo largo del documento, se presentan términos en *itálica* que están definidos en el Glosario incluido en el Anexo 1 de este informe.



2. OBJETIVOS

El objetivo general es efectuar una *inspección especial* para evaluar y presentar las deficiencias observadas en varios elementos estructurales y no estructurales del puente peatonal sobre la Ruta Nacional n.º 39 (Parque de la Paz).

Los objetivos específicos son:

- a) Describir de manera general el puente peatonal con base en la información de inventario disponible.
- b) Identificar, presentar y analizar las deficiencias, encontradas a partir de la visita al sitio, en distintos elementos del puente peatonal según se enlistan en el alcance de este informe.
- c) Comentar sobre la gestión y el mantenimiento del puente peatonal con respecto a condiciones observadas en visitas pasadas.
- d) Proporcionar recomendaciones generales en el corto y mediano plazo, para la intervención de los elementos o componentes con deficiencias en el puente peatonal evaluado, con base en su calificación de la condición.



3. ALCANCE DEL INFORME

Este informe de *inspección especial* en el puente peatonal sobre la Ruta Nacional n.º 39 (Parque de la Paz) se realizó a raíz de un reporte presentado por parte de un usuario, quien compartió fotografías donde se mostraban algunas deficiencias en la estructura. Asimismo, se realiza para incluir observaciones de aspectos relacionadas con la gestión del puente desde su puesta en funcionamiento.

En el sitio, se realizó una inspección visual de todos los elementos accesibles del puente, sin embargo, el presente informe se limitó a reportar las principales deficiencias identificadas en los siguientes elementos:

- Elementos pertenecientes al componente Accesorios:
 - Juntas de expansión.
- Elementos pertenecientes al componente Superestructura n.º 1 y n.º 3 (losa):
 - Losa de concreto.
- Elementos pertenecientes al componente Superestructura n.º 2 (tablero):
 - Tablero.
- Elementos pertenecientes al componente Superestructura n.º 2 (colgante):
 - Cables principales.
 - Tirantes.
- Elementos pertenecientes al componente Subestructura:
 - Torres.

El informe contempla una revisión de información relevante incluida en los planos del puente, ya que dicha documentación estaba disponible (Angulo, 1989). Algunas de las mediciones tomadas en sitio coinciden con la información disponible en planos (ancho de aceras, cantidad de subestructuras y superestructuras, longitud del puente); sin embargo, se observaron diferencias entre lo existente y los planos disponibles (tipo de superestructuras n.º 1 y 3, de



los elementos de la superestructura n.º 2, la geometría de pilas y torres). Este puente no cuenta con un registro de inspecciones de inventario, rutinarias o especiales previas.

La *inspección especial* realizada por la Unidad de Puentes se desarrolló de acuerdo con el alcance de acreditación n.º OI-045, alcance disponible en www.eca.or.cr.

4. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PUENTE

En esta sección se recopila la siguiente información del puente inspeccionado: características generales del puente y de la ruta que cruza (Ver Tabla 4.1), ubicación geográfica (ver Figura 4.1), vista desde línea centro y vista lateral (ver Figura 4.2 y Figura 4.3 respectivamente) e identificación utilizada para elementos del puente en vista en planta y vista en elevación (ver Figura 4.4).

Tabla 4.1. Características generales del puente y de la ruta que cruza

Ubicación	Provincia, Cantón, Distrito	San José, San José, San Sebastián
	Coordenadas (WGS84)	-84°04'17.64"N de latitud / 09°54'52.44"O de longitud
Ruta Nacional que cruza el puente	Número de ruta	39
	Kilómetro de ubicación	9,905
	Tipo de ruta	Primaria
	Sección de control	19100
Características básicas del puente	Longitud (m)	Superestructura n.º 1: 59,00 Superestructura n.º 2: 36,45 Superestructura n.º 3: 10,00
	Tipo de superestructura	Superestructura n.º 1 tipo losa de concreto reforzado Superestructura n.º 2 tipo colgante Superestructura n.º 3 tipo losa de concreto reforzado
	Número de tramos	Superestructura n.º 1: 9 Superestructura n.º 2: 1 Superestructura n.º 3: 4
	Año de construcción	1986 – 1990
	Cantidad de torres y pilas	2 torres 11 pilas
	Tipo de torres y pilas	Torre n.º 1 y n.º 2, tipo marco de concreto Pilas n.º 1 a n.º 11, tipo columna sencilla de concreto
	Tipo de apoyos en torres y pilas	Torre n.º 1: apoyo inicial expansivo Torre n.º 2: apoyo final fijo Pilas n.º 1 a n.º 11: apoyo integral
	Tipo de cimentación en torres (según planos)	Torre n.º 1 y n.º 2: cimentación superficial Pilas n.º 1 a n.º 11: cimentación superficial

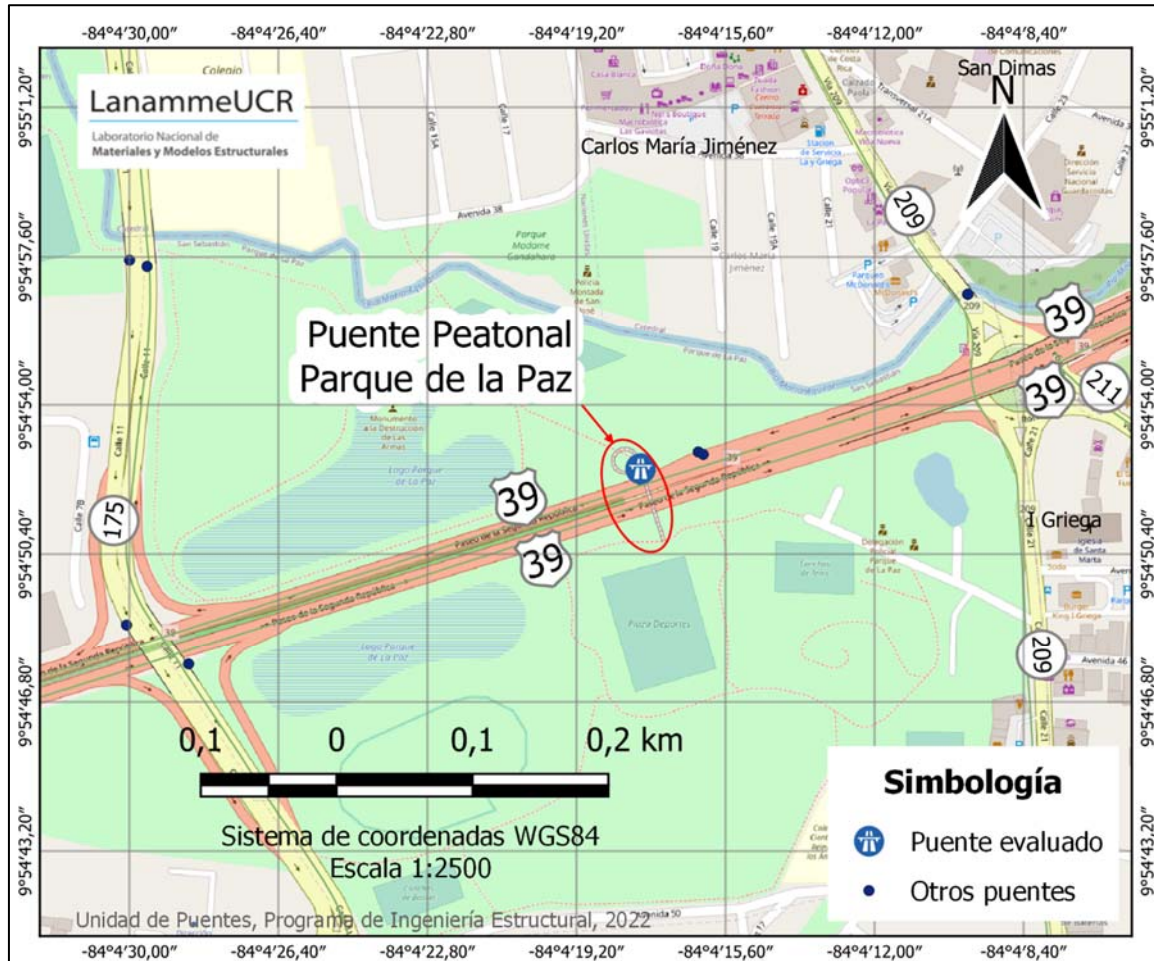


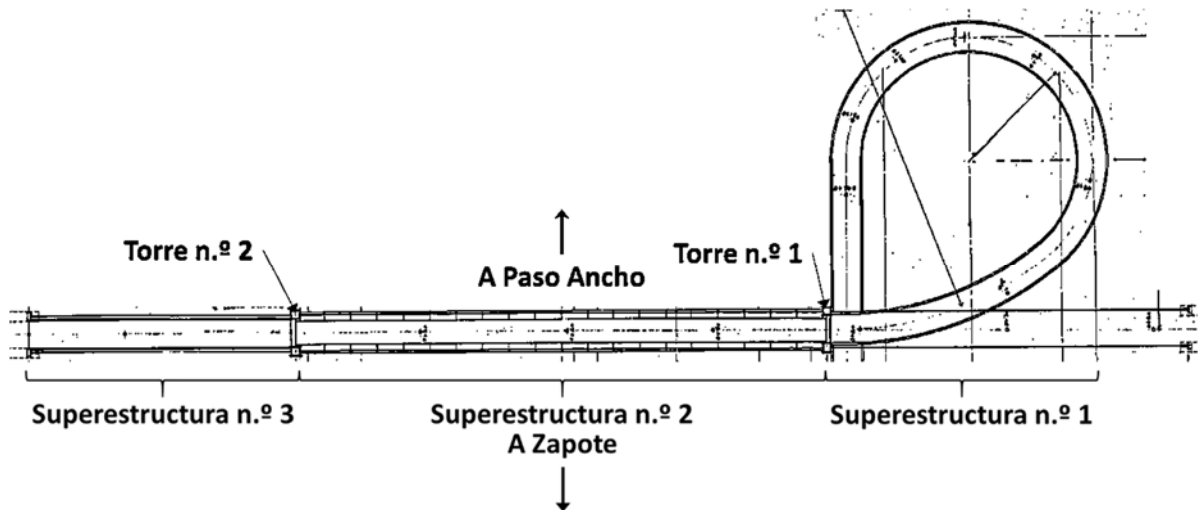
Figura 4.1. Ubicación geográfica del puente
(Adaptado de Open Street Maps, 2022)



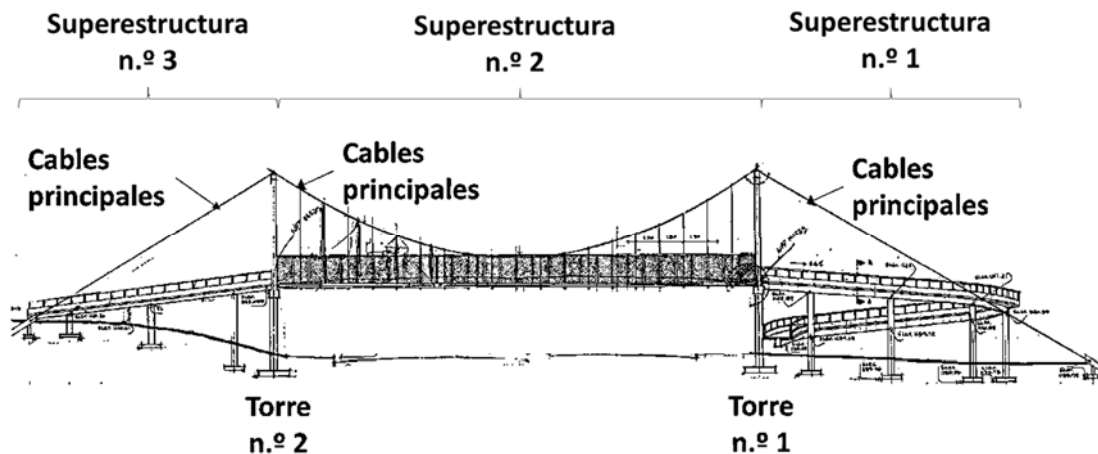
Figura 4.2. Vista a lo largo de la línea de centro del puente peatonal hacia el norte



Figura 4.3. Vista lateral del costado este del puente peatonal



(a) Vista en planta



(b) Vista en elevación

Figura 4.4. Identificación utilizada para el puente peatonal, la cual fue asignada en sitio al no existir identificación en planos.

(Fuente: Adaptado de Angulo, 1989)

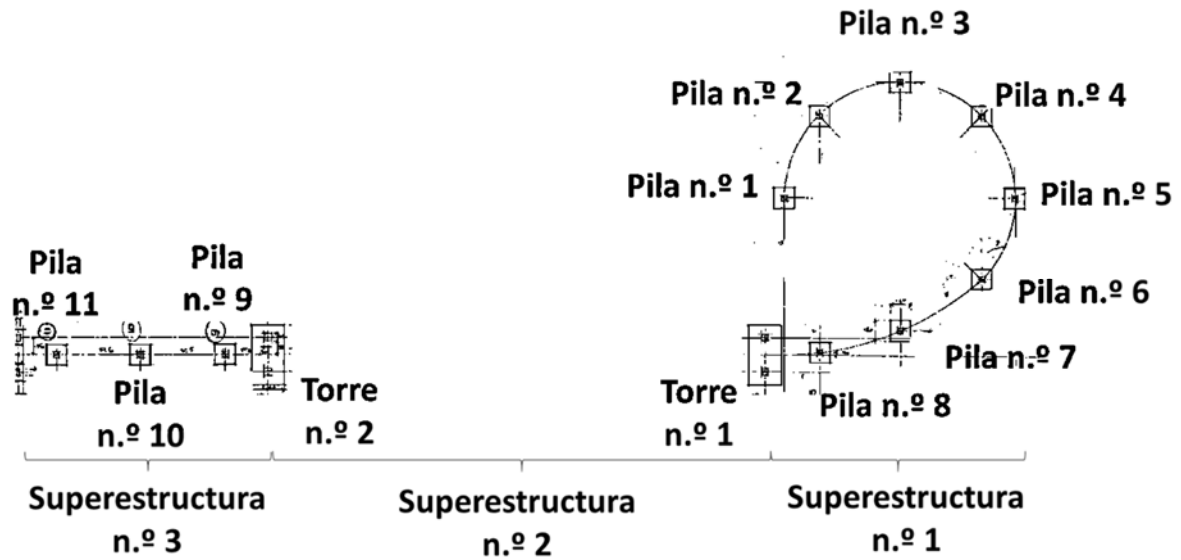


Figura 4.5. Identificación utilizada para la subestructura del puente peatonal, la cual fue asignada en sitio al no existir identificación en planos.

(Fuente: Adaptado de Angulo, 1989)



5. PRINCIPALES OBSERVACIONES DE LA INSPECCIÓN ESPECIAL

5.1. Deficiencias en el elemento: Juntas de expansión, del componente: Accesorios

En la Tabla 5.1, se presentan las deficiencias observadas en el elemento: Juntas de expansión, del componente: Accesorios.

Tabla 5.1 Deficiencias identificadas en el elemento: Juntas de expansión, del componente: Accesorios.

Elemento/s	Deficiencia o aspecto evaluado	Calificación de la condición debida a la deficiencia
Juntas de expansión	Filtración de agua	Deficiente (4)

Observaciones

En ambas juntas de expansión de la superestructura n.º 1 (entre los accesos n.º 1 y n.º 2), se observaron filtraciones en más del 50 % de los elementos ubicados bajo la junta. Esta deficiencia podría producir o acelerar el proceso de corrosión del acero de refuerzo de las vigas de concreto de las torres que presenten agrietamiento y de las conexiones de las vigas de acero de piso de la superestructura que se encuentran inmediatamente debajo de las juntas de expansión.

Evidencia fotográfica





5.2. Deficiencias en el elemento: Losa de concreto, del componente: Superestructura n.º 1 y n.º 3 (rampas de acceso).

En la Tabla 5.2, se presentan las deficiencias observadas en el elemento: Losa de concreto, del componente: Superestructura n.º 1 y n.º 3 (rampas de acceso).

Tabla 5.2 Deficiencias identificadas en el elemento: Losa de concreto, del componente: Superestructura n.º 1 y n.º 3

Elemento/s	Deficiencia o aspecto evaluado	Calificación de la condición debida a la deficiencia
Losa de concreto	Grietas en una dirección y eflorescencias	Deficiente (4)

Observaciones

En aproximadamente 10 % de la losa de concreto de las rampas de acceso (superestructuras n.º 1 y n.º 3), en ambas superficies (superior e inferior), se observó un patrón de agrietamiento denso en una dirección (grietas separadas a menos de 0,30 m), mientras que en el restante 90 %, también en ambas superficies, se observó un patrón de agrietamiento moderado en una dirección (grietas separadas a más de 0,30 m y menos de 0,90 m).

En la superficie inferior de la losa se observó la presencia de eflorescencias en las grietas, sin acumulación de carbonato de calcio en la superficie. La presencia de eflorescencias podría ser evidencia de que las grietas son profundas en la losa, lo que podría producir corrosión en el acero de refuerzo y reducir la durabilidad del elemento.

Evidencia fotográfica





5.3. Deficiencias en el elemento: Tablero, del componente: Superestructura n.º 2

En la Tabla 5.5, se presentan las deficiencias observadas en el elemento: Tablero, del componente: Superestructura n.º 2 (colgante)

Tabla 5.5 Deficiencias identificadas en el elemento: Tablero, del componente: Superestructura n.º 2: (colgante).

Elemento/s	Deficiencia o aspecto evaluado	Calificación de la condición debida a la deficiencia
Tablero	Grietas en una dirección y eflorescencias	Alarmante (5)

Observaciones

En aproximadamente el 60 % del tablero de concreto de la superestructura n.º 2, en ambas caras, se observó un patrón denso de agrietamiento en una dirección (espaciamiento aproximadamente menor que 0,30 m), mientras que en el restante 40 % se observó un patrón moderado de grietas en una dirección (espaciamiento entre aproximadamente 0,30 m y 0,90 m). En aproximadamente un 50 % del área del tablero, se observaron eflorescencias a lo largo de las grietas.

Las grietas ubicadas en el costado inferior de la losa se pueden deber tanto por vibraciones debido a la flexibilidad de la estructura, como a cargas superiores a las de servicio. Por otra parte, las grietas en la zona superior de la losa se pueden deber a vibraciones por flexibilidad del puente.

Este agrietamiento podría afectar la durabilidad del tablero y, si no se atiende a tiempo, podría llegar a comprometer su integridad estructural.

Evidencia fotográfica





5.4. Deficiencias en el elemento: Cables principales, del componente: Superestructura n.º 2

En la Tabla 5.6, se presentan las deficiencias observadas en el elemento: Cables principales, del componente: Superestructura n.º 2 (colgante).

Tabla 5.6 Deficiencias identificadas en el elemento: Cables principales, del componente: Superestructura n.º 2 (colgante).

Elemento/s	Deficiencia o aspecto evaluado	Calificación de la condición debida a la deficiencia
Cables principales	Fractura del ducto de protección de cables, corrosión de alambres	Alarmante (5)

Observaciones

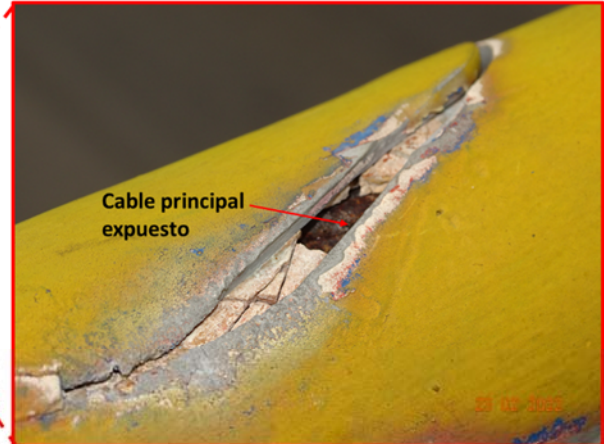
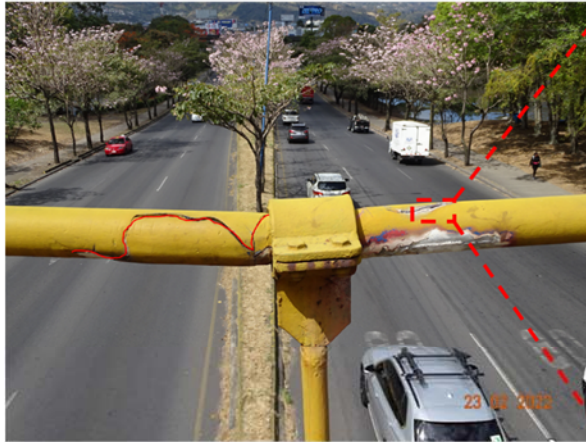
En varios puntos aleatorios de los cables principales de la superestructura n.º 2 del puente (aproximadamente el 10 % de la longitud de los cables Este y Oeste), se observó la fractura del ducto de recubrimiento y de la lechada que protege los cables, lo cual ha permitido el ingreso de agua dentro del ducto sin una salida posible.

Sumado a lo anterior, se observó a través de una de las fracturas del ducto de protección, ubicada en el centro del cable oeste, la corrosión del cable principal de acero, lo que podría indicar que existe daño del cable en las partes cerradas del ducto.

Lo descrito puede afectar la integridad de los cables y, de no atenderse oportunamente, se podría comprometer la integridad estructural del puente.



Evidencia fotográfica





5.5. Deficiencias en el elemento: Tirantes, del componente: Superestructura n.º 2

En la Tabla 5.7, se presentan las deficiencias observadas en el elemento: Tirantes, del componente: Superestructura n.º 2 (colgante).

Tabla 5.7 Deficiencias identificadas en el elemento: Tirantes, del componente: Superestructura n.º 2 (colgante).

Elemento/s	Deficiencia o aspecto evaluado	Calificación de la condición debida a la deficiencia
Tirantes	Conexión	Alarmante (5)

Observaciones

Se observó corrosión con pérdida de sección en la conexión de la barra de acero con la mordaza en 1 de 11 tirantes del cable Este de la superestructura n.º 2. Esto equivale a aproximadamente el 10 % de los tirantes de dicho cable.

De no atenderse, esta deficiencia se podría comprometer la integridad estructural de la superestructura.

Evidencia fotográfica





5.6. Deficiencias en el elemento: Torres n.º 1 y n.º 2, del componente: Subestructuras.

En la Tabla 5.8 se presentan las deficiencias observadas en el elemento: Torres, del componente: Subestructura.

Tabla 5.8 Deficiencias: agrietamiento y eflorescencias, identificadas en el elemento: Torres n.º 1 y n.º 2, del componente: Subestructuras.

Elemento/s	Deficiencia o aspecto evaluado	Calificación de la condición debida a la deficiencia
Torres n.º 1 y n.º 2	Agrietamiento, delaminaciones, desprendimientos, acero expuesto	Deficiente (4)

Observaciones

En aproximadamente 15 % de la altura de la torre n.º 1 y 10 % de la altura de la torre n.º 2 se observaron grietas con ancho mayor que 1,0 mm espaciadas entre 0,30 m y 1,0 m. Lo anterior, se puede deber a una combinación de corrosión del acero de refuerzo y poco recubrimiento del concreto. El recubrimiento fue medido en sitio y es de aproximadamente 15 mm (ver fotografías n.º 2, n.º 3 y n.º 5).

Sumado a lo anterior, en aproximadamente 10 % de la altura de las torres n.º 1 y n.º 2 se observaron eflorescencias a lo largo de las grietas, lo que puede ser indicativo de presencia de agua debajo del recubrimiento del elemento.

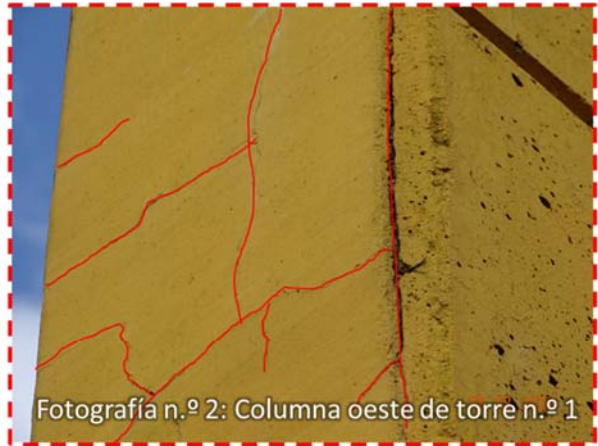
Adicionalmente, en aproximadamente el 10 % de la superficie de las torres se detectaron delaminaciones de recubrimiento (ver fotografía n.º 2) y se observaron desprendimientos (ver fotografía n.º 3) menores a 25 mm de profundidad que han dejado, en aproximadamente el 10 % de la altura de las torres, el acero de refuerzo expuesto y corroído, pero sin pérdida de sección medible.

Finalmente, en aproximadamente un 10 % de la longitud de las vigas de la torre n.º 2 se observó agrietamiento por cortante y flexión con anchos mayores a 1,0 mm; se considera que las grietas se pueden deber a movimientos sísmicos por su ubicación (cerca de la unión viga – columna) (ver fotografías n.º 1 y n.º 4).

Las deficiencias descritas podrían afectar la durabilidad del puente ya que, de no atenderse oportunamente, podrían propiciar la propagación de corrosión en el acero de refuerzo longitudinal del concreto de las torres y, eventualmente, comprometer la integridad de la estructura.



Evidencia fotográfica





6. OBSERVACIONES RELACIONADAS CON LA GESTIÓN DEL PUENTE

En la Tabla 6.1 se menciona otro aspecto, distinto a las deficiencias identificadas a través de la *inspección especial* realizada, relacionado con la gestión del puente.

Tabla 6.1 Aspectos identificados relacionados con la gestión del puente desde su puesta en funcionamiento

Aspecto identificado de gestión
Ausencia de mantenimiento adecuado del puente
Observaciones
<p>Se revisó un registro fotográfico disponible en la base de datos de la Unidad de Puentes del LanammeUCR, con fecha del 2013, y se comparó con las fotografías tomadas durante la inspección de febrero del 2022. Al realizar la comparación, se observó que el puente recibió una labor de pintura en la que se cubrieron todos los elementos, tanto de la estructura como de los accesos. Esto queda evidenciado en el cambio de color que se observan en las fotografías, de azul en el 2013 a amarillo en el 2022.</p> <p>Sin embargo, se observó que las deficiencias expuestas en este informe también estaban presentes en el registro fotográfico del año 2013 (ver fotografías de esta tabla), lo que es evidencia de que se han realizado mantenimientos superficiales, aplicando recubrimientos de pintura en el puente, pero no se han realizado otras medidas necesarias para solucionar algunos problemas de gran impacto, como los mencionados en este informe, por ejemplo el deterioro de los ductos de protección de los cables</p> <p>Adicionalmente, no se conoce de algún proceso de Licitación Pública o contrato enfocado en el mantenimiento general del puente peatonal del Parque de la Paz.</p>



Evidencia fotográfica





7. CONCLUSIONES

En la Tabla 7.1 se enlistan las distintas deficiencias por elemento que fueron identificadas a través de la *inspección especial* del puente peatonal sobre la Ruta Nacional n.º 39 (Parque de la Paz). Asimismo, se presenta la condición resultante del elemento (CE) debido a esas deficiencias.

Tabla 7.1. Elementos con deficiencias y condición resultante del elemento

Elemento	Deficiencia/s observadas	Calificación de la condición del elemento (CE)
Juntas de expansión [10001]	Filtraciones de agua en las juntas abiertas que podría producir o acelerar el deterioro de los elementos ubicados debajo de las mismas.	Deficiente (4)
Superestructuras n.º 1 y n.º 3 tipo losa de concreto (rampas de acceso) [40501]	Patrón de agrietamiento denso que podría producir corrosión en el acero de refuerzo y comprometer la durabilidad del elemento.	Deficiente (4)
Tablero de concreto [40001]	Agrietamiento denso debido aparentemente a la flexibilidad del puente o a cargas mayores a las de servicio en el puente.	Alarmante (5)
Cables principales [41101]	Fracturas en los ductos de protección de los cables y corrosión superficial visible de alambres que pueden afectar la integridad estructural del puente	Alarmante (5)



Tabla 7.1. Elementos con deficiencias y condición resultante del elemento (cont.)

Elemento	Deficiencia/s observadas	Calificación de la condición del elemento (CE)
Tirantes [41101]	Corrosión con pérdida de sección en la conexión barra – mordaza de un tirante del cable Este del puente, que podría comprometer la integridad estructural de la superestructura.	Alarmante (5)
Torres [50008]	Patrón denso de agrietamiento, delaminación del recubrimiento, desprendimientos de concreto y acero expuesto que podrían afectar la durabilidad del elemento y, eventualmente, la integridad estructural del puente.	Deficiente (4)

Sumado a lo expuesto en la Tabla 7.1, mediante una comparación entre registros fotográficos con fecha del 2013 y las fotografías tomadas durante la inspección de febrero del 2022, se observó que el puente no ha recibido la atención adecuada para solucionar todas las deficiencias que tienen impacto en la durabilidad e integridad de la estructura.



8. RECOMENDACIONES

Teniendo en consideración las principales observaciones que son presentadas en el informe, se recomienda a los responsables de la atención del puente en el MOPT, el CONAVI y el ICODER, realizar las siguientes acciones para evitar el avance de las deficiencias observadas. Las recomendaciones se dividen en acciones por realizar en el corto y mediano plazo, por cada elemento evaluado en este informe o se coloca “general” para recomendaciones que no están asociadas a un elemento del puente.

8.1. En el corto plazo:

Las recomendaciones por realizar en el corto plazo se incluyen en la Tabla 8.1.

Tabla 8.1. Recomendaciones en el corto plazo y referencias bibliográficas de respaldo

Elemento	Recomendación	Referencia bibliográfica
Juntas de expansión [10001]	Programa de conservación: Remover obstrucciones en las juntas de expansión del puente y, posteriormente, sellar las juntas.	Manual de Especificaciones Generales para la Conservación de Caminos, Carreteras y Puentes MCV – 2015 (MOPT, 2015) – Sección 609 relacionada con el reemplazo de juntas de expansión de puentes.
Tablero [40001]	Programa de conservación: Como una medida temporal, realizar el sellado de las grietas en el tablero con el fin de evitar la oxidación y corrosión en el acero de refuerzo de la losa de concreto, mientras se realizan las recomendaciones de la tabla 8.2 de este informe.	Manual de Especificaciones Generales para la Conservación de Caminos, Carreteras y Puentes MCV – 2015 (MOPT, 2015) – Sección 606 relacionada con limpieza y sellado de grietas en elementos de concreto en puentes



Tabla 8.1. Recomendaciones en el corto plazo y referencias bibliográficas de respaldo (cont.)

Elemento	Recomendación	Referencia bibliográfica
Cables principales [41101]	Inspección detallada:	
	Realizar una inspección detallada que permita determinar el estado general de los cables principales y del ducto de protección de la superestructura n.º 2, esto con el fin de definir las medidas de atención necesarias para el programa de conservación o mejoramiento (ver Tabla 8.2 de este informe).	AASHTO Manual for bridge Evaluation (AASHTO, 2018) Primer for the Inspection and Strength Evaluation of Suspension Bridge Cables (FHWA, 2012)
Torres [50008]	Inspección detallada:	
	Realizar una inspección detallada para conocer la severidad y la extensión de la corrosión del acero de refuerzo en las vigas y columnas de las torres n.º 1 y n.º 2.	Manual de Especificaciones Generales para la Conservación de Caminos, Carreteras y Puentes MCV – 2015 (MOPT, 2015) – Sección 606 relacionada con limpieza y sellado de grietas en elementos de concreto en puentes y Sección 613 relacionada con preparación y protección de superficies de puentes.
	Programa de conservación:	
	Aplicar un sistema de impermeabilización en las vigas y columnas de las torres n.º 1 y n.º 2 como medida temporal, mientras se obtienen los resultados de la inspección detallada y se definen las medidas del programa de mejoramiento a aplicar a mediano plazo (ver Tabla 8.2 de este informe).	



8.2. En el mediano plazo:

Las recomendaciones por realizar en el mediano plazo se incluyen en la Tabla 8.2.

Tabla 8.2. Recomendaciones en el mediano plazo y referencias bibliográficas de respaldo

Elemento	Recomendación	Referencia bibliográfica
Superestructura tipo losa de concreto (superestructuras n.º 1 y n.º 3, rampas de acceso) [40501]	<p>Programa de conservación:</p> <p>Sellar el agrietamiento de las losas de concreto en las superestructuras n.º 1 y 3 del puente. Posteriormente, valorar la posibilidad de impermeabilizar la losa. Se puede considerar el uso de membranas impermeabilizantes en caso de que las grietas no puedan ser selladas mediante inyección por su espesor.</p>	Manual de Especificaciones Generales para la Conservación de Caminos, Carreteras y Puentes MCV – 2015 (MOPT, 2015) – Sección 606 relacionada con limpieza y sellado de grietas en elementos de concreto en puentes.
	<p>Evaluación estructural</p> <p>Realizar un análisis estructural, con el objetivo de corroborar que el agrietamiento del tablero es producto de la flexibilidad de la superestructura y determinar cuáles medidas se pueden adoptar para controlar la situación.</p>	<p>AASHTO LRFD Guide Specifications for The Design of Pedestrian Bridges (AASHTO, 2009)</p> <p>AASHTO Manual for bridge Evaluation (AASHTO, 2018)</p>
Tablero [40001]	<p>Programa de conservación o mejoramiento:</p> <p>De acuerdo con el resultado del análisis estructural y un monitoreo de las vibraciones de la superestructura del puente, valorar si se mantiene el sellado de grietas recomendado en este informe el programa de conservación en el corto plazo (ver Tabla 8.1), o si es necesario reducir la flexibilidad de la superestructura o sustituir el tablero de concreto.</p>	Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes CR-2010 (MOPT, 2010) – Sección 552 relacionada con Concreto Estructural.



Tabla 8.2. Recomendaciones en el mediano plazo y referencias bibliográficas de respaldo (cont.)

Elemento	Recomendación	Referencia bibliográfica
<p>Cables principales [41101]</p>	<p>Programa de mejoramiento: De acuerdo con las medidas de atención que sean definidas a partir de la inspección detallada recomendada en la Tabla 8.1 de este informe, reparar o sustituir el sistema de protección (ducto) de los cables principales de la superestructura n.º 2.</p>	<p>Design Guidelines for Arch and Cable-Supported Signature Bridges (NHI, 2012) Primer for the Inspection and Strength Evaluation of Suspension Bridge Cables (FHWA, 2012)</p>
<p>Tirantes [41101]</p>	<p>Programa de mejoramiento: Proteger las conexiones de los tirantes de la superestructura n.º 2 que presenten corrosión o daños en el sistema de protección contra la corrosión, aplicando un sistema de pintura adecuado. De ser necesario, se debe restituir el espesor original los anclajes y las mordazas de los tirantes que presenten corrosión con pérdida de sección.</p>	<p>Manual de Especificaciones Generales para la Conservación de Caminos, Carreteras y Puentes MCV – 2015 (MOPT, 2015) – Sección 613 relacionada con preparación y protección de superficies de puentes y Sección 615 relacionada con reparación de puentes de acero mediante reposición y adición de elementos de acero.</p>



Tabla 8.2. Recomendaciones en el mediano plazo y referencias bibliográficas de respaldo (cont.)

Elemento	Recomendación	Referencia bibliográfica
Torres [50008]	<p>Evaluación estructural:</p> <p>Realizar un análisis de vulnerabilidad estructural y sísmica del puente en su estado actual y determinar si es necesario aplicar reforzamiento a los elementos de las torres.</p>	<p>Manual de Especificaciones Generales para la Conservación de Caminos, Carreteras y Puentes MCV – 2015 (MOPT, 2015) – Sección 606 relacionada con reparación de concreto con corrosión en acero de refuerzo de puentes.</p>
	<p>Programa de mejoramiento:</p> <p>De acuerdo con las medidas de atención que sean definidas a partir de la inspección detallada recomendada en la Tabla 8.1 de este informe, reparar los desprendimientos de concreto, las delaminaciones del recubrimiento y el agrietamiento de las torres puente.</p>	<p>AASHTO LRFD Bridge Design Specifications 2020 (AASHTO, 2020) – Sección 5, relacionada con estructuras de concreto.</p>
	<p>Sumado a lo anterior y según los resultados del análisis de vulnerabilidad sísmica recomendado en la Tabla 8.2 de este informe, aplicar los refuerzos en los puntos de las torres donde sea necesario para garantizar que se alcance adecuadamente la vida útil del puente.</p>	

Estas recomendaciones se asumen que serán evaluadas por los profesionales que la Administración asigne como responsables del mantenimiento y rehabilitación de la estructura. En caso de ser requerido se recomienda procurar la asesoría profesional específica en los aspectos que se mencionaron en los puntos anteriores.



9. REFERENCIAS

1. AASHTO (2009). *LRFD Guide Specifications for The Design of Pedestrian Bridges. 2nd Edition*. American Association of State Highway and Transportation Officials. Washington, D.C., USA.
2. AASHTO (2018). *The Manual for Bridge Evaluation. 3th Edition*. American Association of State Highway and Transportation Officials. Washington, D.C., USA.
3. AASHTO (2020). *AASHTO LRFD Bridge Design Specifications (9° ed.)*. Washington, D.C: American Association of State Highway and Transportation Officials.
4. Angulo, E (1989). *Parque de La Paz [Planos]*. San José, Costa Rica.
5. FHWA (2012). *Primer for the Inspection and Strength Evaluation of Suspension Bridge Cables*. Federal Highway Administration. Washington, D.C., USA. Disponible en: <https://www.fhwa.dot.gov/bridge/pubs/if11045.pdf>.
6. MOPT. (2015). *Manual de Especificaciones Generales para la Conservación de Caminos, Carreteras y Puentes_MCV-2015*. San José: Ministerio de Obras Públicas y Transportes. Disponible en: <http://repositorio.mopt.go.cr:8080/xmlui/handle/123456789/232>.
7. MOPT. (2010). *Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes: CR-2010*. San José: Ministerio de Obras Públicas y Transportes. Disponible en: <http://repositorio.mopt.go.cr:8080/xmlui/123456789/391>.
8. MOPT. (2020b). *Manual de Puentes de Costa Rica – 2020_MP-2020*. Documento no publicado. San José: Ministerio de Obras Públicas y Transportes.
9. NHI. (2012). *Design Guidelines for Arch and Cable-Supported Signature Bridges FHWA-NHI-11-023*. Nueva York: National Highway Institute. Disponible en: https://trust.dot.state.wi.us/ftp/dtsd/bts/environment/library/130096_DE_11-023_0212.pdf



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA

LanammeUCR

Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

EIC-Lanamme-INF-0634-2022

Código: RC-471 – Vers.: 04 - vigente desde 15/12/2021

Página 35 / 44

Página intencionalmente dejada en blanco



ANEXO 1

Glosario



- **Calificación de la condición:** Es un indicador de desempeño que se utiliza como una herramienta para comunicar a los responsables de la Administración, las partes interesadas y los demás tomadores de decisiones sobre el estado de los elementos y componentes de los puentes y de los puentes de forma global y sobre aquellas estructuras que representan un peligro a la seguridad de los usuarios o a la continuidad del servicio brindado. Está directamente relacionada con los programas de intervención que pueden ser necesarios en los elementos y componentes de los puentes y en los puentes de forma global.
- **Conservación de puentes:** Son las acciones o estrategias que previenen, retrasan o reducen el deterioro de los puentes o de los componentes de puentes, restablecen la función de puentes existentes, mantienen a los puentes en buena condición y extienden su vida útil. Acciones de conservación efectivas de puentes son necesarias para retrasar la necesidad de costosas *rehabilitaciones* o acciones de *sustitución*, por medio de la aplicación de estrategias de conservación en los puentes mientras estos están en una condición satisfactoria, regular o deficiente (ver tabla B-1) y antes del comienzo de deterioro serio. Conservación de puentes incluye actividades de *mantenimiento preventivo* tanto *cíclico* como *basado en la condición* (FHWA, 2018).
- **Evaluación:** Es la determinación de la condición del puente a partir de las observaciones realizadas durante la inspección rutinaria con el fin de brindar una calificación.
- **Inspección de inventario:** Tiene como propósito obtener un registro de las características de gestión básicas del puente, tales como las dimensiones y características de los elementos de la superestructura, subestructura, los accesos y accesorios, las características funcionales, el registro fotográfico, los planos y otros aspectos relacionados con la ubicación y la documentación relacionada con el puente. Se realiza una vez y se repite únicamente si el puente es rehabilitado o sustituido (MP-2020 Tomo I).
- **Inspección rutinaria:** Consiste en realizar observaciones y mediciones en elementos estructurales y no estructurales, accesorios, aspectos hidrológicos-hidráulicos, aspectos



de seguridad vial, aspectos geotécnicos, aspectos sísmicos, accesos, entre otros. Se realiza para determinar la condición estructural y funcional del puente, para identificar cualquier cambio con respecto a la condición inicial del puente, inmediatamente después de construido o con respecto a la condición registrada en inspecciones anteriores, para determinar si la estructura satisface los requisitos vigentes de servicio y para determinar las necesidades de conservación y mejoramiento para los distintos elementos y componentes del puente y para el puente de forma global. Se realiza regularmente cada 2 años, a menos que la Administración justifique otro intervalo de inspección (MP-2020 Tomo I).

- **Inspección detallada:** Es una inspección que se realiza a profundidad (“*close-up*” como se conoce en inglés) y al alcance de la mano de un inspector (“*hands on*” como se conoce en inglés), de alguno o de la totalidad de los elementos del puente, que tiene como objetivo identificar cualquier deficiencia no detectable a través de los procedimientos de *Inspección rutinaria* o donde se necesite ahondar más en detalle en lo observado. Se requiere de técnicas, equipo, métodos de acceso y análisis especializados para asegurar o profundizar en la existencia, el tipo, la extensión, la severidad o la causa de las deficiencias (MP-2020 Tomo I).
- **Inspección de urgencia:** Inspección que se efectúa tras el acontecimiento de un desastre natural, accidente, evento extraordinario o colapso. Por la naturaleza urgente de este tipo de inspecciones, se realiza una inspección general de la estructura, con el fin de detectar algún problema estructural que pueda poner en peligro el puente o el paso por el mismo y que permita emitir un criterio sobre la condición del puente (CONAVI, 2015).
- **Inspección especial:** Inspección no programada usada para monitorear una deficiencia en particular ya conocida o de la cual se sospecha. Esta también puede ser usada para monitorear detalles especiales o características inusuales de un puente que no necesariamente tenga defectos (AASHTO, 2018).
- **Mantenimiento preventivo:** Es la estrategia planificada de tratamientos costo-efectivos a los elementos de un puente existente para extender su vida útil de servicio. Estas



actividades retardan futuros deterioros y evitan grandes gastos en *rehabilitación* o *sustitución* de puentes. *Mantenimiento preventivo* incluye actividades *cíclicas* o *programadas* y *actividades basadas en la condición* (FHWA, 2018).

- **Mantenimiento cíclico:** Actividades realizadas en un intervalo preestablecido y que buscan preservar las condiciones existentes de los componentes de un puente. La condición de los componentes no siempre es directamente mejorada como resultado de estas actividades, pero se espera que el deterioro sea retrasado (FHWA, 2018).
- **Mantenimiento basado en la condición:** Actividades realizadas en los componentes de un puente según sea necesario e identificado por medio del proceso de inspección de puentes. Este tipo de acciones mejora la condición de esa porción específica de los elementos, pero podría o no resultar en un incremento en su estado de condición (FHWA, 2018).
- **Mejoramiento de puentes:** Acción de intervención como parte de la gestión de puentes correspondiente a las actividades de rehabilitación o sustitución de puentes (MP-2020 Tomo I).
- **Rehabilitación:** Involucra trabajos mayores requeridos para restablecer la integridad estructural de un puente, así como los trabajos necesarios para corregir la mayoría de defectos de seguridad. La *rehabilitación* no es considerada una tarea de *conservación de puentes*, pero se pueden combinar actividades de *conservación* en varios elementos mientras se lleva a cabo una *rehabilitación*. Estos proyectos requieren recursos significativos de ingeniería para el diseño, un extenso cronograma de ejecución, y un costo considerable (FHWA, 2018).
- **Sustitución:** Es el reemplazo total de un puente estructural o funcionalmente obsoleto, por medio de una estructura construida en el mismo corredor vial. La estructura de reemplazo deberá cumplir los estándares más actuales de geometría, estructurales y constructivos, requeridos para los tipos y volumen proyectado de tránsito en el puente para su vida de diseño. Al igual que la *rehabilitación*, la sustitución no es considerada una actividad de *conservación de puentes*, y requiere recursos de ingeniería para el diseño,



un sustancial y complejo cronograma de ejecución, y considerables costos. Costos de ciclo de vida y otros factores económicos deberán usualmente ser considerados cuando se sopesen ambas alternativas de *rehabilitación y sustitución* (FHWA, 2018).



ANEXO 2

Criterios para calificar la condición de los elementos evaluados en el puente



La calificación de la condición de los elementos de puente se realiza a partir de la severidad y extensión de las deficiencias observadas, de acuerdo con la metodología definida en el capítulo 8 y el Apéndice F del Manual de Puentes de Costa Rica 2020, Tomo I (conocido como MP-2020 Tomo I), el cual, está en proceso de aprobación y oficialización por parte del MOPT. El proceso de evaluación se realiza para los elementos del puente que fueron objeto de evaluación en la *inspección especial* con el siguiente procedimiento, el cual, no se encuentra dentro del alcance acreditado para la *inspección especial*:

1. Recopilación de información de deficiencias: Se recopila información de las deficiencias en los elementos del puente que fueron objeto de evaluación en la *inspección especial*, registrando el tipo, la severidad y la extensión de cada deficiencia observada.
2. Clasificación de los elementos de acuerdo con su función: Los elementos que fueron evaluados se clasifican en una de cuatro categorías, de acuerdo con la función que tengan en el sistema del puente y las posibles consecuencias de una deficiencia severa en el elemento. Esta clasificación define la calificación de condición máxima a la que puede llegar el elemento. Las categorías en las que se clasifican los elementos son las siguientes:

Categoría del elemento	Importancia relativa	Calificación de condición máxima
1- Elemento funcional secundario	1 (menor)	4 – Deficiente.
2- Elemento funcional primario	2	5 – Alarmante.
3- Elemento estructural secundario	3	5 – Alarmante.
4- Elemento estructural primario	4 (mayor)	6 – Falla inminente.

3. Clasificación de las deficiencias de acuerdo con el nivel de afectación a los elementos del puente: Las deficiencias que se observan en cada elemento se clasifican de acuerdo con el efecto que producen en el elemento donde se encuentren. Esta clasificación también determina la calificación de condición máxima que puede llegar a tener un elemento. Las categorías en las que se clasifican las deficiencias son las siguientes:



Categoría de la deficiencia	Importancia relativa	Calificación de condición máxima
1- Deficiencias que afectan la durabilidad del elemento	1 (menor)	4 – Deficiente
2- Deficiencias que pueden afectar la capacidad estructural u operativa del elemento	2 (mayor)	6 – Falla inminente

4. Calificación de la condición de cada deficiencia (Cd): Se asigna una calificación de condición a cada conjunto compuesto por severidad y extensión, teniendo en cuenta las dos clasificaciones que se definieron en los puntos 2 y 3 (función del elemento y efecto de la deficiencia) y la acción de intervención más recomendable para cada grado de daño de la deficiencia que se observó en un elemento particular. La extensión se puede categorizar en rangos, para determinar la calificación de la condición. En la Tabla B-1 se describe cada calificación de la condición y la acción de intervención recomendada a la que está relacionada.
5. Calificación de la condición de los elementos (CE): Para obtener la calificación de la condición de un elemento en particular, se comparan las calificaciones de condición obtenidas para todas las deficiencias que afectan a ese elemento, y se selecciona la calificación mayor. Esto se realiza para cada uno de los elementos del puente que fueron evaluados en la *inspección especial*.

En el informe de *inspección especial* no se busca obtener la calificación de la condición global del puente, sino, solamente de los elementos evaluados. Lo anterior, debido a que no se evalúan todos los elementos que componen el puente.



Tabla A2.1. Descripción de los niveles de calificación de la condición para elementos y programa de trabajo recomendado para su intervención

CALIFICACIÓN DE LA CONDICIÓN	DESCRIPCIÓN	PROGRAMA DE TRABAJO RECOMENDADO PARA LA INTERVENCIÓN
1 SATISFACTORIA	Elementos sin deficiencias o con deficiencias leves que afectan únicamente la durabilidad del elemento. La estabilidad estructural y la seguridad vial están aseguradas.	- Mantenimiento cíclico de aspectos preestablecidos para el puente.
2 ACEPTABLE	Elementos con deterioros ligeros. Se observan deficiencias leves en elementos funcionales o estructurales que pueden afectar su capacidad estructural u operativa, o deficiencias moderadas que afectan únicamente la durabilidad del elemento.	- Mantenimiento cíclico de aspectos preestablecidos para el puente. - Mantenimiento basado en la condición de elementos aplica si hay deficiencias en 2 o más elementos estructurales primarios o si más del 25 % de elementos del puente califican como aceptables.
3 REGULAR	Deficiencias importantes, pero los componentes del puente aún funcionan de forma adecuada. Se observan deficiencias moderadas en elementos funcionales o estructurales que pueden afectar su capacidad estructural u operativa, o deficiencias significativas que afectan únicamente la durabilidad del elemento.	- Mantenimiento basado en la condición de elementos.
4 DEFICIENTE	Deficiencias serias, pero, que no llegan a comprometer la estabilidad del puente. Se observan deficiencias moderadas en elementos estructurales primarios o deficiencias significativas en elementos estructurales secundarios o elementos funcionales que pueden afectar su capacidad estructural u operativa. O bien, se observan deficiencias severas que afectan únicamente la durabilidad del elemento.	- Mantenimiento basado en la condición de elementos. - Rehabilitación de elementos aplica si se considera que las acciones de mantenimiento no son efectivas para mejorar la condición del elemento, si hay deficiencias en 2 o más elementos estructurales primarios o si más del 25 % de elementos del puente califican como deficientes.
5 ALARMANTE	La estabilidad del puente podría estar comprometida en el corto plazo debido a deficiencias significativas en uno o varios elementos estructurales primarios del puente, o a deficiencias severas extendidas en uno o varios elementos estructurales secundarios o elementos funcionales.	- Rehabilitación de elementos. - Sustitución de elementos aplica si se considera que las acciones de rehabilitación no son efectivas para mejorar la condición de los elementos.
6 FALLA INMINENTE	Inestabilidad estructural del puente o de sus componentes. Riesgo alto de colapso de la estructura debido a deficiencias severas extendidas en uno o varios elementos estructurales primarios del puente. Daño irreversible que posiblemente requiera la sustitución del puente o al menos la sustitución de los elementos dañados.	- Sustitución de elementos. - Sustitución del puente aplica solo si hay deficiencias en 2 o más elementos estructurales primarios o si más del 25 % de elementos del puente califican con falla inminente.