



Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales

Informe: EIC-Lanamme-INF-0348-2024

INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

PUENTE SOBRE EL RÍO SARAPIQUÍ RUTA NACIONAL N.º 4



Preparado por:
Unidad de Puentes
Programa de Ingeniería Estructural



San José, Costa Rica
4 de marzo, 2024



Página intencionalmente dejada en blanco



1. Informe: EIC-Lanamme-INF-0348-2024		2. Versión n.º 1
3. Título y subtítulo: INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL PUENTE SOBRE EL RÍO SARAPIQUÍ RUTA NACIONAL N.º 4		4. Fecha del Informe 4 de marzo de 2024
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 2024, Puentes red vial nacional, Informe de <i>inspección especial</i> , EIC-Lanamme-INF-0348-2024, Ruta Nacional n.º 4, Puente sobre río Sarapiquí, río Sarapiquí, Unidad de Puentes.		
7. Información general Este informe de <i>inspección especial</i> del puente sobre el río Sarapiquí en la Ruta Nacional n.º 4 es un producto de las inspecciones de puentes existentes 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 total o parcial de este documento sin la autorización del director del LanammeUCR. Las firmas n.º 11 y 12 no se encuentran dentro del proceso de acreditación.		
8. Inspección e informe por: Inspector nivel 3 - Unidad de Puentes	9. Inspección y revisión por: Inspector nivel 3 - Unidad de Puentes	10. Revisado y aprobado por: Coordinador Unidad de Puentes y Coordinador a.i del Programa de Ingeniería Estructural
11. Revisión legal por: Asesor Legal LanammeUCR	12. Inspección por:	



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA

LanammeUCR

Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

EIC-Lanamme-INF-0348-2024

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

Página 4 / 46

Página intencionalmente dejada en blanco



RESUMEN EJECUTIVO

Este informe presenta la *inspección especial* del puente sobre el río Sarapiquí, ubicado en el kilómetro 32,496 de la Ruta Nacional n.º 4.

Durante la inspección, se observaron deficiencias en condición alarmante (5) que evidencian que la estabilidad del puente podría estar comprometida en el corto plazo debido a fallas de los apoyos en ambos bastiones del puente y a la deformación y vibraciones observadas en los cables de postensión.

Con base en los resultados obtenidos de la inspección, se recomienda incluir la estructura en un programa de atención que incluya actividades de *conservación* y *mejoramiento* (ver Tablas 8.1 y 8.2).



Página intencionalmente dejada en blanco



TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN.....	9
2.	OBJETIVOS	11
3.	ALCANCE DEL INFORME	12
4.	DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PUENTE	13
5.	PRINCIPALES OBSERVACIONES DE LA INSPECCIÓN ESPECIAL	18
5.1.	DEFICIENCIAS EN EL ELEMENTO: JUNTAS DE EXPANSIÓN, DEL COMPONENTE: ACCESORIOS	18
5.2.	DEFICIENCIAS EN EL ELEMENTO: VIGAS PRINCIPALES, DEL COMPONENTE: SUPERESTRUCTURA VIGAS DE ACERO.....	19
5.3.	DEFICIENCIAS EN EL ELEMENTO: APOYOS FIJOS, DEL COMPONENTE: SUBESTRUCTURA	22
5.4.	DEFICIENCIAS EN EL ELEMENTO: SISTEMAS DE PROTECCIÓN SÍSMICA, DEL COMPONENTE: SISTEMAS DE PROTECCIÓN	25
6.	OBSERVACIONES RELACIONADAS CON LA GESTIÓN DEL PUENTE	26
7.	CONCLUSIONES.....	27
8.	RECOMENDACIONES	28
8.1.	RECOMENDACIONES INMEDIATAS	28
8.2.	EN EL CORTO PLAZO	29
8.3.	EN EL MEDIANO PLAZO	30
9.	REFERENCIAS.....	33
	ANEXO 1 GLOSARIO	37



**ANEXO 2 CRITERIOS PARA CALIFICAR LA CONDICIÓN DE LOS ELEMENTOS
EVALUADOS EN EL PUENTE.....43**



1. INTRODUCCIÓN

Este informe de *inspección especial* del puente sobre el río Sarapiquí en la Ruta Nacional n.º 4, 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.

Con respecto a la facultad que posee el LanammeUCR para realizar *evaluación* de los puentes colocados en las vías nacionales, el inciso c) del artículo 6 de la Ley 8114 establece:

“Artículo 6º-Fiscalización para garantizar la calidad de la red vial nacional. Para lograr la eficiencia de la inversión pública, la Universidad de Costa Rica podrá celebrar convenios con el Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI) a fin de realizar, por intermedio de su Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales, las siguientes tareas:

(...) c) Evaluación bienal de toda la red nacional pavimentada (...).”

A su vez, el artículo 6 del Reglamento específico al artículo 6 de la Ley 8114, Decreto Ejecutivo No. 37016, emitido por el Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT), señala:

“Artículo 6.- Consideraciones para la auscultación y diagnóstico de puentes.

La evaluación de los puentes de la Red Vial Nacional Pavimentada responderá a una programación anual desarrollada por el LanammeUCR, de acuerdo con su capacidad instalada y tomando en consideración la lista de priorización que se generará en forma conjunta entre el LanammeUCR, CONAVI y MOPT a través de las Direcciones de Planificación Sectorial y de Puentes. La priorización se llevará a cabo con base en criterios técnicos sobre el tipo de estructura e importancia de las rutas, entre otros.”

En el caso de puentes que exhiben daños significativos y que ameriten una intervención inmediata, la Unidad de Puentes realiza una *inspección especial* con el fin de informar sobre



los daños observados que pongan en peligro la seguridad de los usuarios y la continuidad del servicio público.

La *inspección especial* se realizó con base en la norma técnica “Manual de Puentes de Costa Rica 2020 Tomo I (MP-2020)” que la Unidad utiliza con el fin de cumplir con las responsabilidades legales que le han sido encomendadas.

En dicho Manual, en el punto “vi” de la sección 3.2, se define la *Inspección Especial* de la siguiente forma:

“Es una inspección no programada que se realiza a discreción de la Organización, para monitorear deficiencias conocidas, confirmar sospechas o notificaciones de daños, o para monitorear detalles especiales o características inusuales de un puente que no necesariamente tiene defectos. En algunas ocasiones se realiza porque personas ajenas a la Organización, notifican sobre alguna irregularidad observada en la estructura de puente. La Inspección especial es realizada por un(a) Inspector(a) Nivel III junto con otro(a) ya sea Inspector(a) Nivel I, Inspector(a) Nivel II o Inspector(a) Nivel III, o un(a) experto(a) en el uso de algún equipo o método en particular.”

Este informe de *inspección especial* se realizó con la información de dos inspecciones, una del 2 de marzo del 2023 y otra del 24 de enero del 2024. La primera visita al sitio fue realizada para recabar información del estado del puente previo a la intervención ejecutada en ese mismo mes, la cual fue reportada por la prensa y provocó cierres parciales de la Ruta Nacional n.º 4 (Monumental, 2023). Posteriormente, la prensa comunicó una nueva intervención a realizar en el presente año (Repretel, 2023; Crónica, 2023), por lo que se efectuó la segunda visita para constatar el alcance de los trabajos previamente realizados e indagar el motivo de la nueva intervención.

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 realizar una *calificación de la condición* de los elementos y componentes del puente considerando las *principales deficiencias* identificadas mediante el uso de los criterios establecidos en el MP-2020, con el fin de que este sea incluido en un programa de intervención.

Los objetivos específicos son:

- a) Describir de manera general el puente con base en la información de inventario disponible.
- b) Identificar, presentar y analizar las *principales deficiencias*, encontradas a partir de las visitas al sitio, en distintos elementos del puente según se enlistan en el alcance de este informe.
- c) Realizar observaciones acerca de la gestión del puente.
- d) Proporcionar recomendaciones generales inmediatas, en el corto y mediano plazo, para la intervención de los elementos con deficiencias en el puente evaluado, con base en su *calificación de la condición*.



3. ALCANCE DEL INFORME

Se realizó una inspección visual en sitio de todos los elementos accesibles del puente y se reportan en el presente informe las *principales deficiencias* encontradas, las cuales se encuentran en los siguientes elementos:

- Elementos pertenecientes al componente Accesorios:
 - Juntas de expansión.
- Elementos pertenecientes al componente Superestructura tipo vigas I de acero:
 - Vigas principales.
 - Cables de postensión externa.
- Elementos pertenecientes al componente Subestructura:
 - Apoyos.
- Elementos pertenecientes al componente Sistemas de protección:
 - Sistema de protección sísmica.

El informe contempla la revisión de información relevante incluida en los planos de diseño y construcción del puente (MOPT, 1971) y de los planos de *rehabilitación* (MOPT, 2007). También se dispuso de los formularios de *inspección de inventario* (MOPT, 2014a) e *inspección rutinaria* (MOPT, 2014b) del Sistema de Administración de Estructuras de Puentes (SAEP). Se debe indicar que el SAEP incluye datos de una *inspección rutinaria* del puente con fecha del 26 de setiembre de 2023, sin embargo, a la fecha de preparación de este informe, esta información no ha sido aprobada y, por lo tanto, no puede ser visualizada.

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 de ubicación del puente y de la ruta a la que pertenece (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), vista en planta y en elevación con la identificación de elementos y componentes utilizada para la inspección y el informe (ver Figura 4.4) y características generales del puente (ver Tabla 4.2).

Tabla 4.1. Características generales de ubicación del puente y de la ruta a la que pertenece

Adaptado de: MOPT (2014a)

Ubicación	Provincia, Cantón, Distrito	Heredia, Sarapiquí, Puerto Viejo
	Coordenadas WGS84 (DMS)	10°26'56"N de latitud / 84°0'36"O de longitud
	Cruza sobre	Río Sarapiquí
Ruta Nacional en la que se ubica el puente	Número de ruta	4
	Kilómetro de ubicación	32,496
	Tipo de ruta	Primaria
	Sección de control	40522

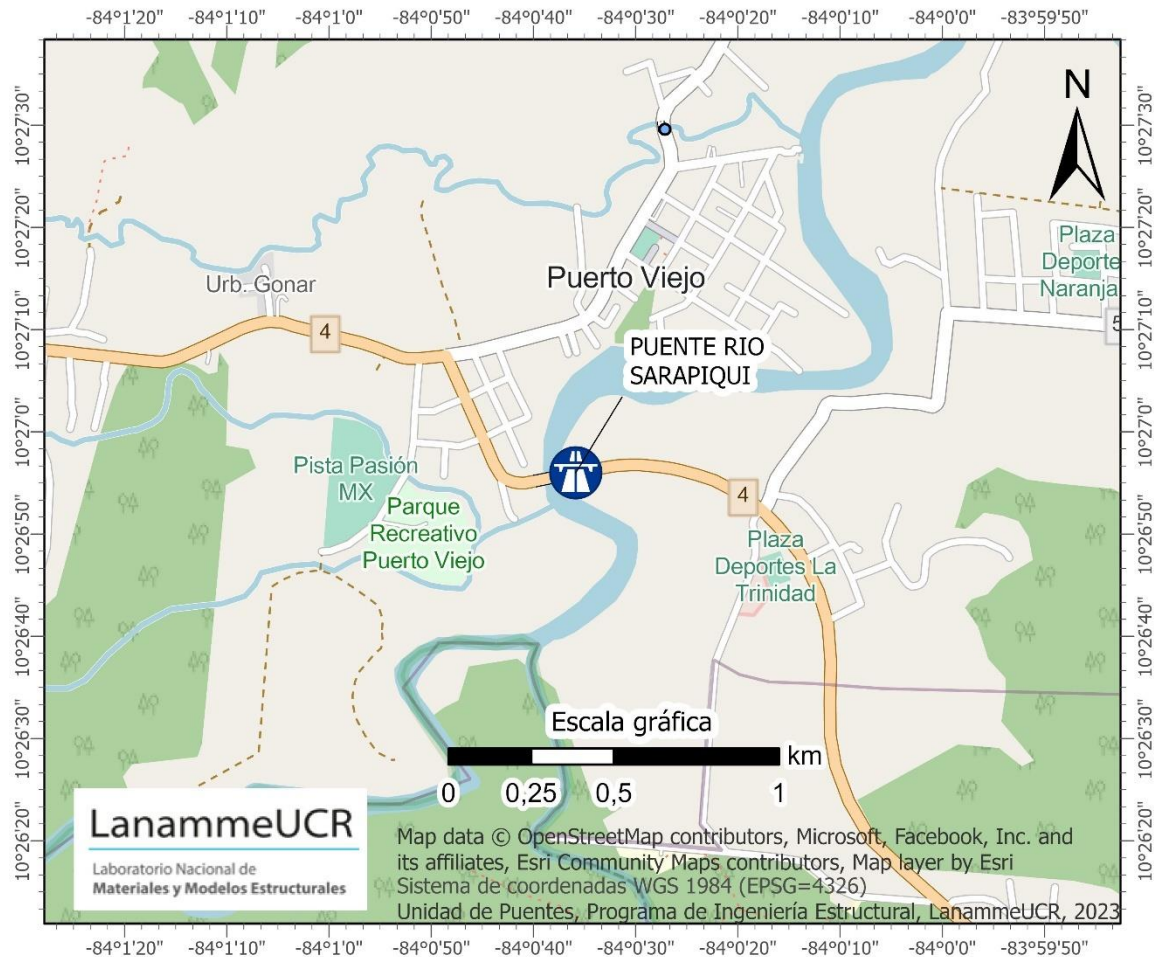


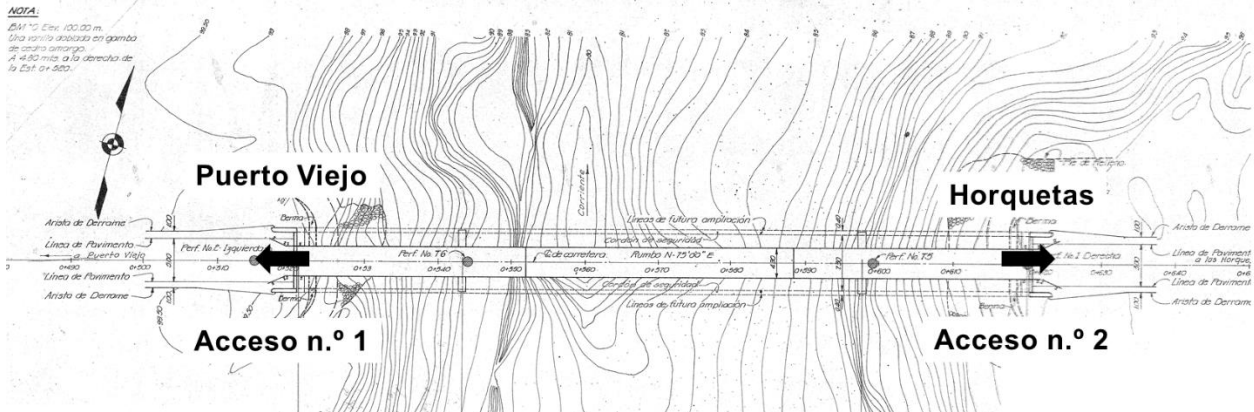
Figura 4.1. Ubicación geográfica del puente
Adaptado de: Open Street Maps (2024)



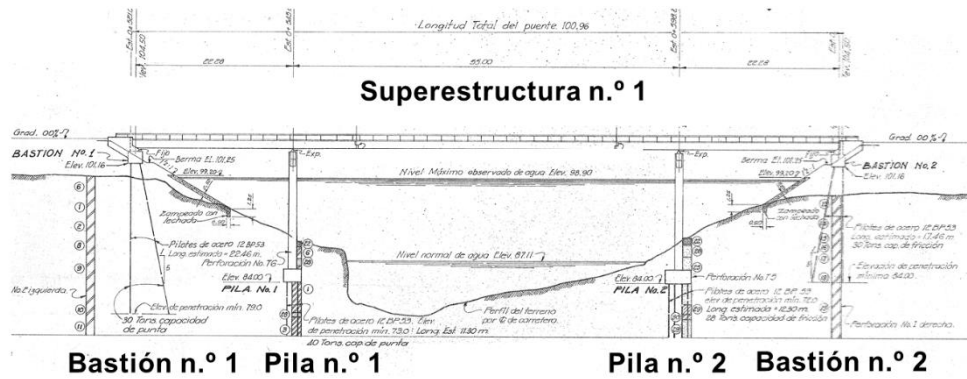
Figura 4.2. Vista a lo largo de la línea de centro del puente hacia Puerto Viejo



Figura 4.3. Vista lateral del costado aguas arriba del puente



(a) Vista en planta



(b) Vista en elevación

Figura 4.4. Identificación utilizada para el puente en (a) vista en plata y (b) vista en elevación, la cual coincide con la que se utiliza en planos.

Adaptado de: MOPT (1971)



Tabla 4.2. Características generales del puente

Adaptado de: MOPT (2014a)

Geometría	Tipo de estructura	Puente			
	Longitud total entre línea de centro de apoyos (m)	100,956			
	Ancho total (m)	8,10			
	Ancho de calzada (m)	8,10			
	Número de tramos	3 ⁽¹⁾			
	Alineación del puente	Recto			
	Número de carriles	2			
Superestructura	Número de superestructuras	1 ⁽¹⁾			
	Tipo de superestructura (elementos principales)	Superestructura n.º 1, tipo viga continua con vigas principales I de acero ⁽¹⁾			
	Tipo de tablero	Tablero de concreto reforzado			
Subestructura	Número de bastiones y pilas	2 bastiones; 2 pilas			
	Tipo de bastiones	Bastión n.º 1, tipo cabezal de concreto sobre pilotes Bastión n.º 2, tipo cabezal de concreto sobre pilotes			
	Tipo de pilas	Pila n.º 1, tipo columna sencilla de concreto reforzado Pila n.º 2, tipo columna sencilla de concreto reforzado			
	Tipo de apoyo en bastiones	Bastión n.º 1, apoyo tipo fijo Bastión n.º 2, apoyo tipo fijo			
	Tipo de apoyo en pilas	Pila n.º 1, apoyo tipo expansivo Pila n.º 2, apoyo tipo expansivo			
	Tipo de cimentación	Bastión n.º 1: profunda Bastión n.º 2: profunda Pila n.º 1: profunda Pila n.º 2: profunda			
Diseño y construcción	Planos disponibles	<input checked="" type="checkbox"/> Sí	<input checked="" type="checkbox"/> De diseño (MOPT, 1971)	<input checked="" type="checkbox"/> Completos <input type="checkbox"/> Incompletos	<input type="checkbox"/> No
			<input type="checkbox"/> Como quedó construido ("As-Built")	<input type="checkbox"/> Completos <input type="checkbox"/> Incompletos	
			<input checked="" type="checkbox"/> De rehabilitación / reforzamiento / ampliación (MOPT, 2007)	<input checked="" type="checkbox"/> Completos <input type="checkbox"/> Incompletos	
	Año de diseño	1971			
	Año de construcción	No se tiene información			
	Especificación de diseño original	AASHO 1969			
	Carga viva de diseño original	HS15-44			
	Año de reforzamiento/rehabilitación	2015			
Especificación utilizada para el reforzamiento/ rehabilitación	AASHTO 2002				
Carga viva de diseño utilizada para el reforzamiento/ rehabilitación	HS20 + 25 %				
<p>1. De acuerdo con los planos originales de diseño, inicialmente el puente estaba compuesto por 3 superestructuras (2 superestructuras tipo vigas I de acero con un tramo anclado y otro en voladizo y 1 superestructura tipo vigas I de acero con un tramo suspendido). Posterior a la rehabilitación, se colocaron placas de acero para unir las tres superestructuras como una sola superestructura de tipo viga continua y se eliminaron las juntas de expansión entre las superestructuras.</p>					



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.

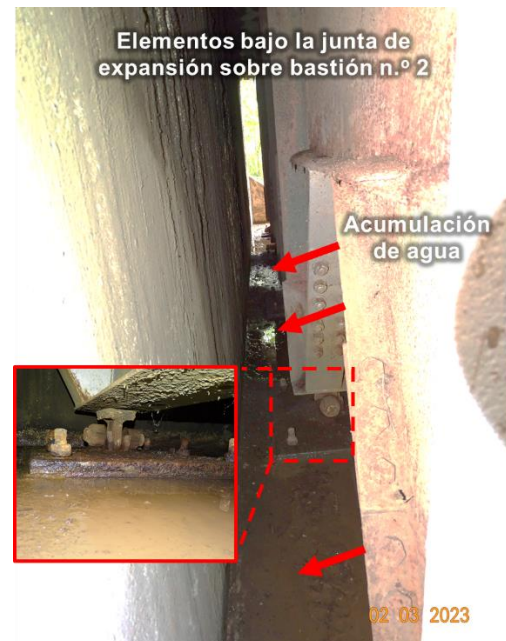
Tabla 5.1 Deficiencias identificadas en el elemento: juntas de expansión, del componente: accesorios

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 visitas se observó filtración de agua a través de las juntas de expansión ubicadas en ambos bastiones, lo que queda evidenciado por la acumulación de agua en aproximadamente el 100 % de la pared del cabezal de ambos bastiones. La descarga de agua sobre los elementos estructurales del puente ha propiciado su deterioro, como se observa en la corrosión presente en las vigas principales (ver Tabla 5.2), en los apoyos de ambos bastiones y en el sistema de restricción vertical colocado en los apoyos de los bastiones (ver Tabla 5.3).

Evidencia fotográfica





5.2. Deficiencias en el elemento: vigas principales, del componente: superestructura vigas de acero

En la Tabla 5.2, se presentan las deficiencias observadas en el elemento: vigas principales del componente: superestructura vigas de acero.

Tabla 5.2 Deficiencias identificadas en el elemento: vigas principales, del componente: superestructura vigas de acero

Elemento/s	Deficiencia o aspecto evaluado	Calificación de la condición debida a la deficiencia
Vigas principales	Corrosión	Deficiente (4)

Observaciones

En ambas visitas se observó corrosión localizada en aproximadamente un 10 % de las vigas principales, específicamente bajo las juntas de expansión y en las zonas de descarga de los bajantes del sistema de drenaje del puente. Asimismo, en aproximadamente un 1 % de la viga principal externa (ubicada al costado aguas abajo) existe delaminación por corrosión en el ala inferior de la viga, en la zona ubicada bajo la junta de expansión n.º 2.

Finalmente, el 24 de enero del 2024 se observó una tubería con una fuga que descargaba agua sobre los elementos metálicos apoyados en el bastión n.º1 propiciando el deterioro de los extremos de las vigas principales y los apoyos

Evidencia fotográfica





Tabla 5.2 Deficiencias identificadas en el elemento: vigas principales, del componente: superestructura vigas de acero (cont.).

Evidencia fotográfica





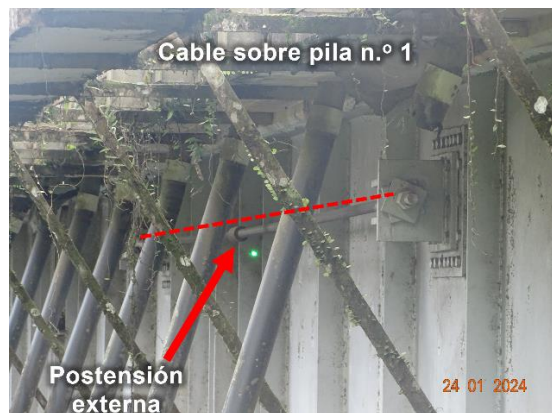
Tabla 5.2 Deficiencias identificadas en el elemento: vigas principales, del componente: superestructura vigas de acero (*cont.*)

Elemento/s	Deficiencia o aspecto evaluado	Calificación de la condición debida a la deficiencia
Vigas principales	Deflexiones y postensión externa	Alarmante (5)

Observaciones

En ambas visitas se observaron deformaciones excesivas y vibraciones de los cables de postensión externa de la superestructura ante el paso de vehículos pesados. Esto podría indicar la relajación o pérdida de tensión en los cables, lo que podría aumentar las deflexiones en la superestructura. Estos cables de postensión externa fueron colocados durante la *rehabilitación* del año 2015.

Evidencia fotográfica





5.3. Deficiencias en el elemento: apoyos fijos, del componente: subestructura

En la Tabla 5.3, se presentan las deficiencias observadas en el elemento: apoyos fijos del componente: subestructura.

Tabla 5.3 Deficiencias identificadas en el elemento: apoyos fijos, del componente: subestructura.

Elemento/s	Deficiencia o aspecto evaluado	Calificación de la condición debida a la deficiencia
Apoyos fijos	Condición de los elementos principales de los apoyos, corrosión y pernos de anclaje	Alarmante (5)
Observaciones		
<p>El 2 de marzo del 2023 se observó que el 100 % de los apoyos ubicados sobre ambos bastiones presentaban falla de las placas que conforman la articulación en cada apoyo. Debido a esto, el tránsito de vehículos pesados generaba levantamientos en el tramo n.º 1 y el tramo n.º 3 en los segmentos apoyados sobre su bastión respectivo. Específicamente, el segmento apoyado sobre el bastión n.º 1 presentaba placas de acero con forma de “L” invertida como sistema de tope de desplazamiento vertical, el cual permitía que hubiera un desplazamiento vertical de aproximadamente 50 mm entre la viga y su apoyo. Estos topes fueron colocados en la <i>rehabilitación</i> del 2015 (Auditoría Interna del CONAVI, 2017; Meneses, 2018).</p> <p>Adicionalmente, se observó corrosión con pérdida de sección tanto en los apoyos como en los topes colocados en la <i>rehabilitación</i>, situación que se ha agravado por las filtraciones en las juntas de expansión (ver Tabla 5.1).</p> <p>Por último, se observaron tuercas desgastadas y desplazadas en los pernos de conexión, lo que permite el movimiento vertical de la placa de apoyo.</p> <p>Posteriormente, en la inspección realizada el 24 de enero del 2024, se observó la incorporación de placas de acero y almohadillas de neopreno entre la base de los apoyos y la cara inferior de las vigas de la superestructura, lo que redujo el desplazamiento vertical del extremo del tramo n.º 1 sobre el bastión n.º 1 y del tramo n.º 3 sobre el bastión n.º 2 a aproximadamente 10 mm. Adicionalmente, se incorporaron placas con forma de “L” invertida en los apoyos sobre el bastión n.º 2. Se debe indicar que esta intervención en los apoyos es considerada de carácter temporal y que la <i>calificación de la condición</i> no ha mejorado.</p>		



Tabla 5.3 Deficiencias identificadas en el elemento: apoyos fijos, del componente: subestructura (cont.).

Evidencia fotográfica (marzo 2023)

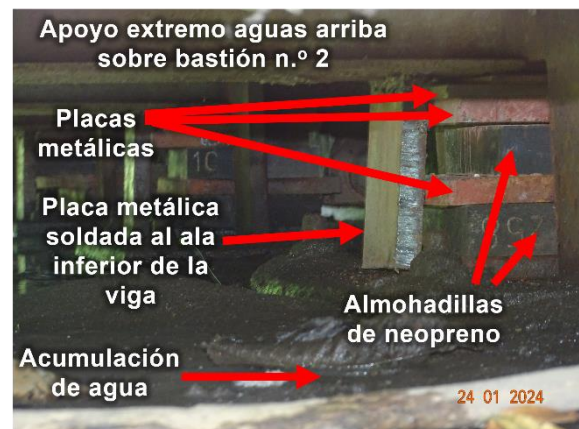


Tabla 5.3 Deficiencias identificadas en el elemento: apoyos fijos, del componente: subestructura (cont.).

Evidencia fotográfica (2023)



Evidencia fotográfica (2024)





5.4. Deficiencias en el elemento: sistemas de protección sísmica, del componente: sistemas de protección

En la Tabla 5.4, se presentan las deficiencias observadas en el elemento: sistemas de protección sísmica del componente: sistemas de protección.

Tabla 5.4 Deficiencias identificadas en el elemento: sistemas de protección sísmica, del componente: sistemas de protección.

Elemento/s	Deficiencia o aspecto evaluado	Calificación de la condición debida a la deficiencia
Sistemas de protección sísmica	Condición de sistemas de protección sísmica	Deficiente (4)

Observaciones

Se observó la ausencia del 100 % de las cadenas de protección sísmica indicadas en los planos de *rehabilitación* del puente. Este elemento fue previsto en el diseño de la *rehabilitación* como una medida de prevención del colapso de la superestructura. Esta situación se evidenció tanto en el 2023 como en el 2024.

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 Aspecto identificado relacionado con la gestión del puente

Aspecto identificado de gestión
Intervenciones programadas en el puente
Observaciones
<p>La falla de los apoyos sobre el bastión n.º 1 del puente sobre el río Sarapiquí en la Ruta Nacional n.º 4 había sido reportada en la inspección realizada al puente en el 2014, según consta en el reporte de <i>inspección rutinaria</i> registrada en el Sistema de Administración de Estructuras de Puentes (SAEP). En el oficio AUAD-07-17-2038 (493), con fecha del 18 de agosto del 2017, la Auditoría Interna del CONAVI advirtió sobre el estado de los apoyos, los desplazamientos inducidos por el paso de vehículos y la intervención pendiente en los apoyos sobre las pilas y bastiones.</p> <p>Debido al evidente deterioro que presenta el puente, el CONAVI programó la colocación de los elementos reportados en la Tabla 5.3 en marzo del 2023 para mitigar los desplazamientos que presentaba la superestructura debido al tránsito de vehículos pesados, mientras se realiza la <i>sustitución</i> definitiva de los apoyos sobre los bastiones en la estructura, planificada para el 2024, según información publicada en la prensa que incluye declaraciones de un funcionario del CONAVI involucrado en el proyecto (Repretel, 2023; Monumental, 2023; Crónica, 2023; TVN Noticias, 2023). Aun así, las medidas aplicadas en los apoyos del puente no han mejorado su condición y la estabilidad del puente podría estar comprometida.</p> <p>Por otro lado, según declaraciones del director del CONAVI en una nota periodística (Monumental, 2023), se está gestionando la construcción de una nueva estructura, proyecto que está condicionado a la aprobación del préstamo por parte del BCIE para los proyectos registrados en la Declaratoria de Peligro Inminente. Con respecto a la sustitución del puente, se indica que, para los usuarios de la ruta, el costo total de un cierre parcial del puente ascendería a ₡1074 millones y el de un cierre total del puente ascendería a ₡9481 millones (\$2,1 millones y \$18,2 millones respectivamente, considerando un tipo de cambio de ₡520/\$). Dichas cifras equivalen al 75 % y el 650 % del costo de reposición del puente por una estructura de las mismas dimensiones en planta, estimando el costo de reposición del puente por unidad de área en \$3300/m². Estas cifras ya se habían reportado en el oficio EIC-Lanamme-160-2024, con fecha de 15 de febrero del 2024.</p>



7. CONCLUSIONES

En la Tabla 7.1 se enlistan las *principales deficiencias* por elemento que fueron identificadas a través de la *inspección especial* del puente sobre río Sarapiquí en la Ruta Nacional n.º 4. Asimismo, se presenta la condición resultante del elemento (CE) debido a esas deficiencias.

Tabla 8.1. Elementos con deficiencias y condición resultante del elemento

Elemento	Deficiencia/s observadas	Calificación de la condición del elemento (CE)
Juntas de expansión [10001]	Filtración de agua a través del 100 % de las juntas de expansión ubicadas sobre el bastión n.º 1 y el bastión n.º 2.	Deficiente (4)
Vigas principales [40301]	Corrosión localizada de las vigas principales en zonas bajo las juntas de expansión y en zonas de descarga de los bajantes del sistema de drenaje, y delaminación por corrosión en el ala inferior de la viga principal externa (costado aguas abajo), en la zona ubicada bajo la junta de expansión n.º 2. Deflexiones excesivas de la superestructura y vibración de cables de postensión externa.	Alarmante (5)
Apoyos [50006]	El 100 % de los apoyos ubicados sobre ambos bastiones presentan falla de las placas que conforman la articulación en cada apoyo. Se observó una intervención temporal, realizada en marzo del 2023, con el fin de reducir el desplazamiento vertical de la superestructura, la cual no mejora la <i>calificación de la condición</i> de los apoyos.	Alarmante (5)
Sistemas de protección sísmica [60004]	Ausencia del 100 % de las cadenas de protección sísmica indicadas en los planos de <i>rehabilitación</i> del puente.	Deficiente (4)



8. RECOMENDACIONES

Se recomienda a los responsables de la atención del puente por parte del MOPT y CONAVI, realizar las siguientes acciones para evitar el avance de las *principales deficiencias* observadas. Las recomendaciones se dividen en acciones por realizar de forma inmediata, en el corto y el mediano plazo, por cada elemento evaluado, o se coloca “general” para recomendaciones que no están asociadas a un elemento del puente. En este caso particular, se recomienda a la Administración valorar implementar las recomendaciones a corto y mediano plazo en conjunto con la intervención de los apoyos ya programada para el primer semestre del 2024.

8.1. Recomendaciones inmediatas

Las recomendaciones por realizar de forma inmediata se incluyen en la Tabla 8.1. El periodo inmediato se recomienda que sea aproximadamente dentro los primeros 3 meses después de recibido este informe.

Tabla 8.1. Recomendaciones y referencias bibliográficas de respaldo para la atención del puente de forma inmediata

Elemento	Recomendación	Referencias bibliográficas
	Programa de conservación:	
Apoyos [50006]	Iniciar con las actividades para el reemplazo y pintura de todos los apoyos ubicados sobre ambos bastiones del puente, las cuales ya están programadas para el primer trimestre del 2024.	Manual MCV-2015 (MOPT, 2015) – Sección 610 relacionada con el mantenimiento y reemplazo de dispositivos de apoyos de puentes.
	Inspección detallada:	
Vigas principales [40301]	Realizar una <i>inspección detallada</i> de los cables de postensión externa para determinar si han perdido tensión. Si la han perdido, se recomienda restituir la tensión recomendada según el diseño de la <i>rehabilitación</i> .	Manual MCV-2015 (MOPT, 2015) – Sección 615 relacionado con la reparación de puentes de acero.



Tabla 8.1. Recomendaciones y referencias bibliográficas de respaldo para la atención del puente de forma inmediata (*cont.*)

Elemento	Recomendación	Referencias bibliográficas
Vigas principales [40301] (<i>cont.</i>)	Limpiar las vigas principales y realizar una <i>inspección detallada</i> de las vigas principales para identificar si debido a las vibraciones de la superestructura ante el tránsito de vehículos pesado existen zonas afectadas por agrietamiento por fatiga. En el caso de que sí, definir las medidas de reparación de dichos elementos a partir de dicha inspección.	Manual MCV-2015 (MOPT, 2015) – Sección 605 relacionada con limpieza de superficies de acero de puentes con agua a presión y Sección 615 relacionado con la reparación de puentes de acero
Sistema de drenaje del tablero (salida) [10003]	Programa de conservación: Proveer de tubos de drenaje vertical del puente que se extiendan a un nivel al menos 100mm por debajo de la superestructura.	Manual CR-2020 (MOPT, 2015) – Sección 561 relacionada con drenajes en puentes.

8.2. En el corto plazo

Las recomendaciones por realizar en el corto plazo se incluyen en la Tabla 8.2. El periodo de corto plazo se recomienda que sea aproximadamente entre 3 meses y 12 meses después de recibido este informe.

Tabla 8.2. Recomendaciones y referencias bibliográficas de respaldo para la atención del puente en el corto plazo

Elemento	Recomendación	Referencias bibliográficas
Juntas de expansión [10001]	Programa de conservación: Colocar una junta de expansión adecuada que impida la filtración de agua hacia los elementos de la superestructura y de la subestructura.	Manual MCV-2015 (MOPT, 2015) – Sección 609 relacionada con <i>sustitución</i> de juntas de expansión.
Vigas principales [40301]	Programa de conservación: Proteger las vigas principales de la corrosión que se observó durante la inspección.	Manual MCV-2015 (MOPT, 2015) – Sección 613 relacionada con la preparación y protección de superficies de puentes.



Tabla 8.2. Recomendaciones y referencias bibliográficas de respaldo para la atención del puente en el corto plazo (*cont.*)

Elemento	Recomendación	Referencias bibliográficas
Sistemas de protección sísmica [60004]	Programa de conservación: Reponer las cadenas del sistema de protección sísmica, con base en las especificaciones de los planos de <i>rehabilitación</i> del puente.	MOPT (2007). Planos finales de diseño del reforzamiento del Puente sobre el río Sarapiquí.

8.3. En el mediano plazo

Las recomendaciones por realizar en el mediano plazo se incluyen en la Tabla 8.3. El periodo de mediano plazo se recomienda que sea aproximadamente entre 12 meses y 24 meses después de recibido este informe.

Tabla 8.3. Recomendaciones y referencias bibliográficas de respaldo para la atención del puente en el mediano plazo

Elemento	Recomendación	Referencias bibliográficas
General	Programa de mejoramiento y gestión del puente: Debido al estado de deterioro del puente, se recomienda continuar y ejecutar los procesos en curso para gestionar su <i>sustitución</i> . Además, se recomienda la instalación de puentes temporales para minimizar el impacto al tránsito de la ruta, lo anterior considerando que el costo para los usuarios que implica el cierre total del puente es de 6,5 veces el costo de reposición de la estructura (Tabla 6.1).	



Estas recomendaciones deben ser 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.



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA

LanammeUCR

Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

EIC-Lanamme-INF-0348-2024

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

Página 32 / 46

Página intencionalmente dejada en blanco



9. REFERENCIAS

1. AASHTO (2018). *The Manual for Bridge Evaluation. 3th Edition*. American Association of State Highway and Transportation Officials. Washington, D.C., USA.
2. Araya Con, M., Villalobos Vega, E., Castillo Barahona, R. (2020). “Asesoría al CONAVI para el denominado Programa de intervención de Puentes en Estado Deficiente. Parte 2: Análisis de Costos de Ciclo de Vida”. Proyecto: LM-PIE-UP-A01-2002_Versión n.º 2. Programa de Ingeniería Estructural, LanammeUCR.
3. Auditoría interna del CONAVI (2017). *Sobre el estado del puente sobre el río Sarapiquí, Ruta nacional N°4, observado en la gira realizada el día 11 de agosto del 2017*. Oficio AUAD-07-17-0238 (493). Consejo Nacional de Vialidad, San José, Costa Rica.
4. CONAVI (2015). *Actualización del Inventario técnico de los puentes de la Red Vial Nacional por medio del Sistema de Administración de Estructuras de Puente (SAEP)*. Consejo Nacional de Vialidad, San José, Costa Rica.
5. CRHoy (28 de febrero de 2023). Cerrarán paso a camino y buses sobre río Sarapiquí: única vía alterna es por San José. Disponible en: <https://www.crhoy.com/nacionales/cerraran-paso-a-camiones-y-buses-sobre-rio-sarapiqui-unica-via-alterna-es-por-san-jose/> [Consultado el 31 de enero de 2024].
6. Crónica (12 de diciembre del 2023). Cerrarán nuevamente paso en el puente sobre el río Sarapiquí durante un mes. Disponible en: <https://www.cronica.cr/post/cerrar%C3%A1n-nuevamente-paso-el- puente-sobre-el-r%C3%ADo-sarapiqu%C3%AD-durante-un-mes>. Declaraciones del Ing. Jorge Cardoso, CONAVI. [Consultado el 20 de enero de 2024].
7. Meneses Monestel, B. (2018). *Propuesta de protocolo para la correcta aplicación de fibra de carbono en losas de concreto en la readecuación de puentes*. Proyecto Final de Graduación para optar por el título de Máster en Ingeniería Vial grado académico de Maestría. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago.
8. Monumental (10 de marzo de 2023). CONAVI descarta más cierres sobre puente del río Sapariquí por lo que resta del mes. Disponible en:



<https://www.monumental.co.cr/2023/03/10/conavi-descarta-mas-cierres-sobre-puente-del-rio-sarapiqui-por-lo-que-resta-del-mes/>. Declaraciones de Mauricio Batalla, director del CONAVI. [Consultado el 31 de enero de 2024].

9. MOPT (1971). Puente sobre el río Sarapiquí. Versión: Planos finales de diseño [imagen TIF]. Ministerio de Obras Públicas y Transportes, Dirección General de Vialidad, División de Puente.
10. MOPT (2007). Puente sobre el río Sarapiquí. Versión: Planos finales de diseño del reforzamiento [imagen TIF]. Ministerio de Obras Públicas y Transportes, Dirección de Puentes.
11. 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>.
12. MOPT (2014a). Puente sobre río Sarapiquí. Reporte de inspección inventario [PDF]. Sistema de Administración de Puentes. Dirección General de Vialidad, Ministerio de Obras Públicas y Transportes, Costa Rica. Disponible, accediendo como usuario invitado o con usuario y contraseña en: https://saep.conavi.go.cr/SAEP_CONAVI_Web/login.faces [Consulta del primero de marzo del 2024].
13. MOPT (2014b). Puente sobre río Sarapiquí. Reporte de inspección rutinaria [PDF]. Sistema de Administración de Puentes. Dirección General de Vialidad, Ministerio de Obras Públicas y Transportes, Costa Rica. Disponible, accediendo como usuario invitado o con usuario y contraseña en: https://saep.conavi.go.cr/SAEP_CONAVI_Web/login.faces [Consulta del primero de marzo de 2024].
14. MOPT. (2020a). *Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes_CR-2020*. San José: Ministerio de Obras Públicas y Transportes.
15. MOPT. (2020b). *Manual de Puentes de Costa Rica – 2020_MP-2020*. Documento no publicado. San José: Ministerio de Obras Públicas y Transportes.



16. Repretel (10 de diciembre de 2023). Importante puente en Sarapiquí será intervenido. Disponible en: <https://www.repretel.com/noticia/importante-puente-en-sarapiqui-sera-intervenido/>. [Consultado el 31 de enero de 2024].
17. TVN Noticias (13 de diciembre de 2023). Edición estelar. Declaraciones del Ing. Jorge Cardoza Sánchez del CONAVI. Disponible en: <https://www.facebook.com/tvnnoticiaszonanorte/videos/211535815259736/>. [Consultado el 29 de febrero de 2024]



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).
- **Principales deficiencias:** Aquellas deficiencias que se considera que representan un riesgo para los usuarios del puente.
- **Rehabilitación:** Involucra trabajos mayores requeridos para restablecer la integridad estructural de un puente, así como los trabajos necesarios para corregir la mayoría de los 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).



Página intencionalmente dejada en blanco



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

- 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.
- 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.	- <i>Mantenimiento cíclico</i> 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.	- <i>Mantenimiento cíclico</i> de aspectos preestablecidos para el puente. - <i>Mantenimiento basado en la condición</i> 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.	- <i>Mantenimiento basado en la condición</i> 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.	- <i>Mantenimiento basado en la condición</i> de elementos. - <i>Rehabilitación</i> 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.	- <i>Rehabilitación</i> de elementos. - <i>Sustitución</i> de elementos aplica si se considera que las acciones de <i>rehabilitación</i> 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 <i>sustitución</i> del puente o al menos la <i>sustitución</i> de los elementos dañados.	- <i>Sustitución</i> de elementos. - <i>Sustitución</i> 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.