



Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales

Informe: EIC-Lanamme-INF-1442-2023

INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

PUENTE SOBRE EL RÍO GUARARÍ RUTA NACIONAL N.º 126



Preparado por:
Unidad de Puentes
Programa de Ingeniería Estructural



San José, Costa Rica
04 de octubre, 2023



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA

LanammeUCR

Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

EIC-Lanamme-INF-1442-2023

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

Página 2 / 37

Página intencionalmente dejada en blanco



1. Informe: EIC-Lanamme-INF-1442-2023		2. Versión n.º 1
3. Título y subtítulo: INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL PUENTE SOBRE EL RIO GUARARÍ RUTA NACIONAL N.º 126		4. Fecha del Informe 04 de octubre de 2023
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 Puentes red vial nacional, Informe de inspección especial, EIC-Lanamme-INF-1442-2023 Ruta Nacional n.º 126, río Guararí, Unidad de Puentes, Falla Inminente.		
7. Información general Este informe de <i>inspección especial</i> del puente sobre el río Guararí en la Ruta Nacional n.º 126 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. La firma n.º 11 no se encuentra dentro del proceso de acreditación.		
8. Inspección e informe por: Inspector nivel 3 - Unidad de Puentes	9. Inspección y revisión por: Inspector nivel 2 - Unidad de Puentes	10. Revisado y aprobado por: Coordinador Unidad de Puentes y a.i. 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-1442-2023

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

Página 4 / 37

Página intencionalmente dejada en blanco



RESUMEN EJECUTIVO

Este informe presenta la *inspección especial* del puente sobre el río Guararí, ubicado en el kilómetro 11,344 de la Ruta Nacional n.º 126.

Durante la inspección, se observaron deficiencias en condición de Falla Inminente (6), ya que se observó posible inestabilidad estructural de la superestructura del puente, lo cual implica un riesgo alto de colapso de la estructura debido a la corrosión con pérdida de sección de las vigas principales de la superestructura del puente y un desprendimiento de profundidad mayor que 100 mm donde no se observa acero de refuerzo en el tablero de concreto del puente (ver tabla 5.1).

Con base en los resultados obtenidos de la inspección, se recomienda incluir la estructura en un programa de atención que incluya actividades de *sustitución* del puente de forma temporal y permanente (ver tablas 8.1, 8.2 y 8.3). En caso de que no sea factible la sustitución temporal del puente, se recomienda rehabilitar la superestructura reforzando los elementos principales.



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	17
5.1.	DEFICIENCIAS EN EL ELEMENTO: VIGAS PRINCIPALES, DEL COMPONENTE: SUPERESTRUCTURA.....	17
5.2.	DEFICIENCIAS EN EL ELEMENTO: TABLERO, DEL COMPONENTE: SUPERESTRUCTURA	19
6.	COMPARACIÓN DE LA CONDICIÓN ACTUAL DEL PUENTE RESPECTO A LA REPORTADA EN INFORMES DE INSPECCIÓN ANTERIORES	20
7.	CONCLUSIONES.....	23
8.	RECOMENDACIONES	24
8.1.	RECOMENDACIONES INMEDIATAS:.....	24
8.2.	EN EL CORTO PLAZO:.....	25
8.3.	EN EL MEDIANO PLAZO:.....	26
9.	REFERENCIAS.....	27
	ANEXO 1 GLOSARIO	29
	ANEXO 2 CRITERIOS PARA CALIFICAR LA CONDICIÓN DE LOS ELEMENTOS EVALUADOS EN EL PUENTE.....	34



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA

LanammeUCR

Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

EIC-Lanamme-INF-1442-2023

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

Página 8 / 37

Página intencionalmente dejada en blanco



1. INTRODUCCIÓN

Este informe de *inspección especial* del puente sobre el río Guararí en la Ruta Nacional n.º 126 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 d) 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 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.”

La *inspección especial* del puente se llevó a cabo el día 25 de mayo del 2023, con el fin de brindar seguimiento al oficio EIC-Lanamme-75-2023, en el que se obtuvo una condición de falla inminente para el puente sobre el río Guararí, con base en la información que se encuentra registrada en la herramienta informática del Sistema de Administración de Estructuras de Puentes (SAEP) del Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI). Las principales deficiencias que dan la calificación al puente son la socavación de cimentaciones superficiales y la corrosión con pérdida de sección severa, extendida a lo largo de las vigas principales. Sumado a lo anterior, la inspección se realiza para comprobar si se ha realizado alguna intervención desde la última inspección registrada en el SAEP.

De acuerdo con la información brindada por la Dirección de Puentes del MOPT en el oficio DVOP-DP-2023-061 del 31 de marzo de 2023, el puente requiere de la siguiente “medida a corto plazo: sustituir superestructura” (sic). De manera similar, en el oficio DVP 38-2023-0217



del 5 de mayo de 2023, la Dirección de Diseño de Vías y Puentes del CONAVI indica sobre el puente lo siguiente: “Se recomendó por parte de esta Dirección a un corto plazo la sustitución de superestructura y limitación de carga, o bien el cierre de la estructura. Incluido programa Riesgo Inminente BCIE”.

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 la visita al sitio, en distintos elementos del puente según se enlistan en el alcance de este informe.
- c) Comparar la condición actual de las deficiencias en las cimentaciones del puente con respecto a reportes de inspección de marzo de 2015 y de enero de 2023, registrados en la herramienta informática SAEP del CONAVI.
- d) Proporcionar recomendaciones generales 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

Este informe de *inspección especial* en el puente sobre el río Guararí en la Ruta Nacional n.º 126 se realizó a partir de una inspección visual en sitio de todos los elementos accesibles del puente. La *inspección especial* realizada por la Unidad de Puentes se desarrolló de acuerdo al alcance de acreditación n.º OI-045, alcance disponible en www.eca.or.cr.

En el presente informe se presentan las principales deficiencias encontradas en los siguientes elementos:

- Elementos pertenecientes al componente Superestructura tipo viga de acero [410]:
 - Elementos principales: Vigas.
 - Tablero de concreto reforzado

Adicionalmente, en este informe se realiza una comparación entre las deficiencias que fueron identificadas en esta *inspección especial* del 23 de mayo de 2023 con las que habían sido reportadas en las inspecciones registradas en la herramienta informática SAEP del CONAVI las cuales fueron realizadas en los años 2015 y 2023.

El informe no contempla la revisión de información relevante incluida en los planos de diseño y construcción del puente, ya que dicha documentación no estaba disponible. Sí se dispuso de los formularios de *inspección de inventario* (CONAVI, 2015a) e *inspección rutinaria* (CONAVI, 2015b y CONAVI, 2023) de la herramienta informática SAEP del CONAVI.



4. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PUENTE

En esta sección se recopila la siguiente información del puente inspeccionado: características generales del puente y de la ruta en la que se ubica (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 en la que se ubica
Adaptado de: CONAVI (2016).

Ubicación	Provincia, Cantón, Distrito	Heredia, Santa Bárbara, Santo Domingo
	Coordenadas (WGS84)	09°57'12,44"N de latitud / -84°34'7,33"O de longitud
	Río que cruza	Río Guararí
Ruta Nacional en la que se ubica el puente	Número de ruta	126
	Kilómetro de ubicación	11,344
	Tipo de ruta	Secundaria
	Sección de control	40090

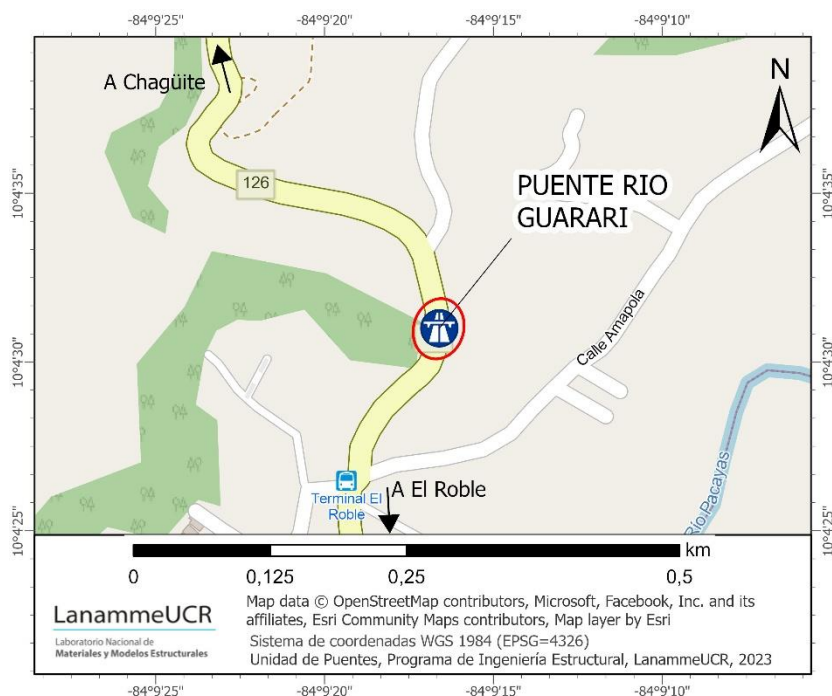


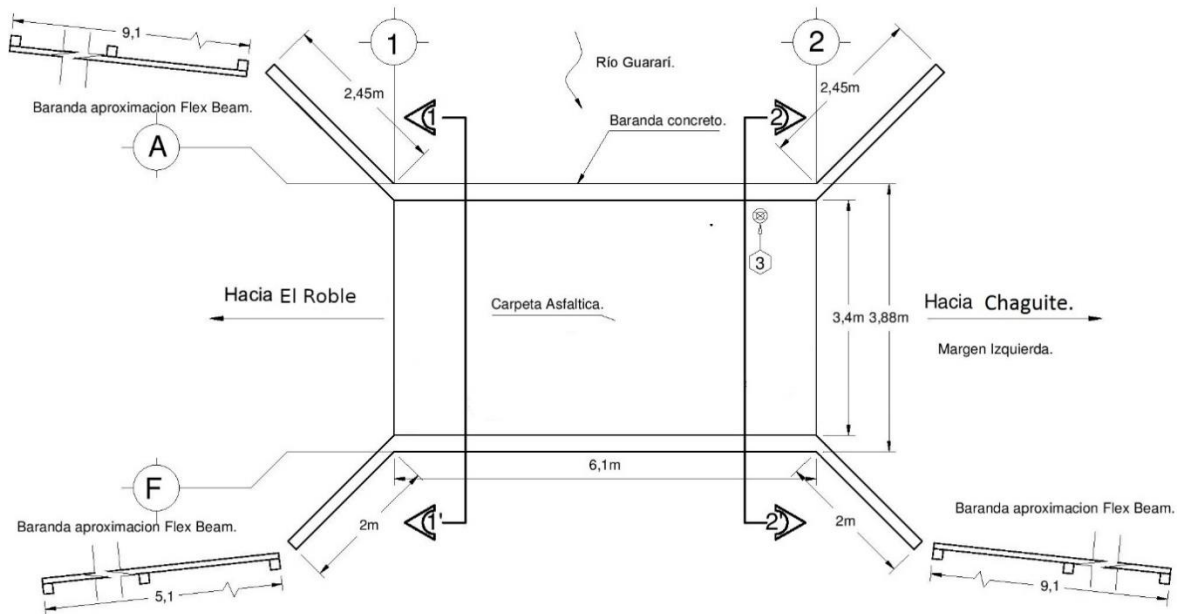
Figura 4.1. Ubicación geográfica del puente
Adaptado de: Open Street Maps, (2023)



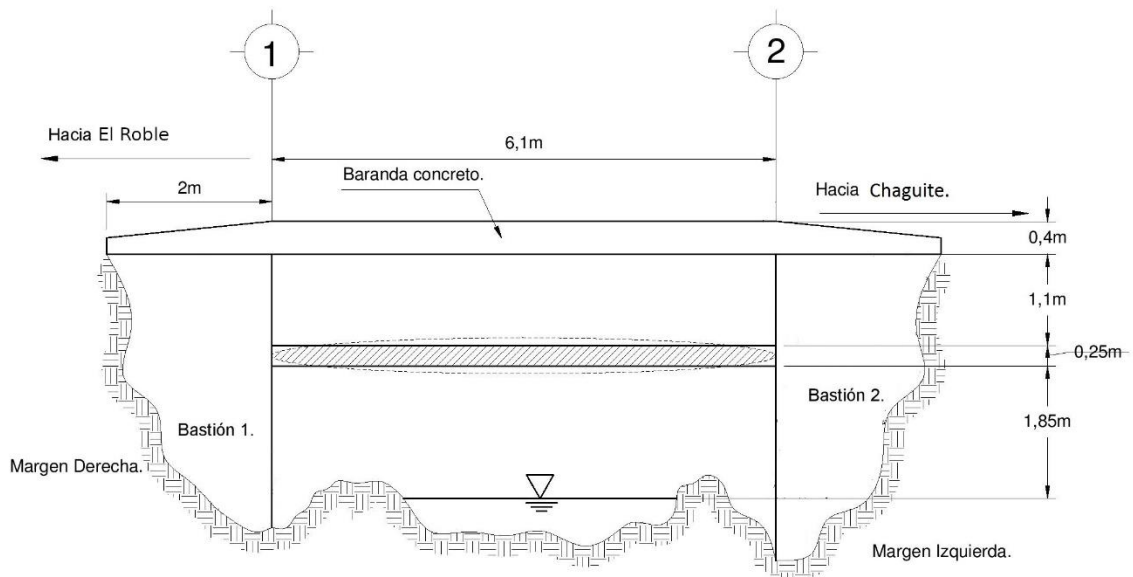
Figura 4.2. Vista a lo largo de la línea de centro del puente hacia El Roble



Figura 4.3. Vista lateral del costado aguas abajo del puente



(a) Vista en planta



(b) Vista en elevación

Figura 4.4. Identificación utilizada para el puente, la cual coincide con lo indicado en la herramienta SAEP

Adaptado de: CONAVI (2015a)



Tabla ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..1. Características generales del puente

Adaptado de: CONAVI (2015a).

Geometría	Tipo de estructura	Puente			
	Longitud total entre juntas de expansión (m)	6,10			
	Ancho total (m)	3,88			
	Ancho de calzada (m)	3,40			
	Número de tramos	1			
	Alineación del puente	Recto			
	Número de carriles	1			
Superestructura	Número de superestructuras	1			
	Tipo de superestructura (elementos principales)	Superestructura n.º 1, tipo viga con elementos principales tipo I de acero			
	Tipo de tablero	Losas de concreto reforzado			
Subestructura	Número de bastiones y pilas	2 bastiones; 0 pilas			
	Tipo de bastiones	Bastiones n.º 1 y n.º 2, tipo gravedad de concreto ciclópeo. (esta información difiere de la indicada en la herramienta informática SAEP, de acuerdo con lo observado en sitio)			
	Tipo de pilas	No aplica			
	Tipo de apoyo en bastiones	No se tiene información y no fue posible observarlos en sitio			
	Tipo de apoyo en pilas	No aplica			
	Tipo de cimentación	Bastiones n.º 1 y n.º 2: superficial			
Diseño y construcción	Planos disponibles	<input type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> De diseño	<input type="checkbox"/> Completos <input type="checkbox"/> Incompletos	<input checked="" type="checkbox"/> No
			<input type="checkbox"/> Como quedó construido ("As-Built")	<input type="checkbox"/> Completos <input type="checkbox"/> Incompletos	
			<input type="checkbox"/> De rehabilitación / reforzamiento / ampliación	<input type="checkbox"/> Completos <input type="checkbox"/> Incompletos	
	Año de diseño	No se tiene información			
	Año de construcción	1925 (Volio, 1926)			
Especificación de diseño original	No se tiene información				
Carga viva de diseño original	No se tiene información				



5. PRINCIPALES OBSERVACIONES DE LA INSPECCIÓN ESPECIAL

5.1. Deficiencias en el elemento: Vigas principales, del componente: Superestructura

En la Tabla 5.1, se presentan las deficiencias observadas en el elemento: Vigas principales del componente: Superestructura.

Tabla 5.1 Deficiencias identificadas en el elemento: Vigas principales, del componente: Superestructura.

Elemento/s	Deficiencia o aspecto evaluado	Calificación de la condición debida a las deficiencias
Elementos principales (vigas) de acero	Corrosión	6- Falla inminente
	Deformación	
Observaciones		

Se observó corrosión en el 100 % de las vigas principales tipo I de acero del puente, lo que ha provocado pérdida total del ala inferior y aproximadamente un 50 % del alma de todas las vigas. En la sección remanente de las vigas se observó delaminación por corrosión, lo que es indicativo de que la deficiencia continúa avanzando.

Sumado a lo anterior, se observó una deformación permanente hacia abajo de la superestructura en el centro del claro, que junto con la pérdida de sección por corrosión son un indicador de una reducción significativa de la capacidad de carga del puente, lo cual puede llevar al colapso de la superestructura ante el paso de vehículos pesados.

Evidencia fotográfica





Tabla 5.1 Deficiencias identificadas en el elemento: Vigas principales, del componente:
Superestructura (continuación)

Evidencia fotográfica





5.2. Deficiencias en el elemento: Tablero, del componente: Superestructura

En la Tabla 5.2, se presentan las deficiencias observadas en el elemento: Tablero del componente: Superestructura.

Tabla 5.2 Deficiencias identificadas en el elemento: Tablero del componente: Superestructura.

Elemento/s	Deficiencia o aspecto evaluado	Calificación de la condición debida a las deficiencias
Tablero de concreto	Desprendimientos	6-Falla inminente
	Acero de refuerzo	
Observaciones		

Se observó un desprendimiento de concreto en aproximadamente el 10 % del tablero de concreto del puente con una profundidad mayor que 100 mm. A través de este desprendimiento no se observó acero de refuerzo con varillas de acero, lo que podría indicar que el tablero no cuenta con acero de refuerzo embebido en el concreto en esta zona.

Evidencia fotográfica





6. COMPARACIÓN DE LA CONDICIÓN ACTUAL DEL PUENTE RESPECTO A LA REPORTADA EN INFORMES DE INSPECCIÓN ANTERIORES

El puente sobre el río Guararí en la Ruta Nacional n.º 126 ha sido evaluado anteriormente por el CONAVI. En la Tabla 6.1 se presenta el listado de las inspecciones anteriores que fueron registradas en la herramienta informática SAEP.

Tabla 6.1. Listado de inspecciones utilizadas para la comparación histórica de la condición del puente




Inspección n.º	Fuente de datos de inspección	Fecha de inspección
1	SAEP	8 de marzo de 2015
2	SAEP	6 de enero de 2023
3	EIC-Lanamme-INF-1442-2023 (este informe)	25 de mayo de 2023

En las Tablas 6.2 y 6.3 se presenta una comparación de dos de las deficiencias observadas durante la *inspección especial*, realizada en mayo de 2023, con las observadas en las inspecciones previas registradas en el SAEP de marzo del 2015 y de enero del 2023. Es importante mencionar que las inspecciones de marzo del 2015 y de enero del 2023 se realizaron conforme a la metodología del Manual de Inspección de Puentes del MOPT (MOPT, 2007), pues es la utilizada por el SAEP para evaluar el grado de daño de los elementos del puente.

Con base en la información registrada por los inspectores en el SAEP (CONAVI 2015c y 2023), en las Tablas 6.2, 6.3 y 6.4 se muestra la calificación de los elementos del puente para las inspecciones del 2016 y del 2021. Esta calificación se realizó con la metodología del Apéndice F del MP-2020 que permite convertir la calificación por grado de daño del SAEP a la calificación de la condición.



Tabla 6.2. Comparación entre evaluaciones históricas del componente: Superestructura

Elemento		Deficiencia a comparar
Elementos principales: Vigas		Corrosión
Inspección n.º (ver Tabla 6.1) / Año de evaluación		
1 / marzo 2015	2 / enero 2023	3 / mayo 2023
CE	CE	CE
6- Falla inminente	6- Falla inminente	6- Falla inminente
Evidencia fotográfica		
		
Nota: Tomado del SAEP (CONAVI, 2015c)	Nota: Tomado del SAEP (CONAVI, 2023)	
Observaciones		

Las deficiencias de pérdida de sección por corrosión habían sido detectadas en las inspecciones anteriores. Se observa que las deficiencias han aumentado en severidad y no han sido atendidas mediante medidas de corrección o las medidas realizadas no fueron completamente efectivas.



Tabla 6.3. Comparación entre evaluaciones históricas del componente: Sistemas de protección

Elemento		Deficiencia a comparar	
Sistemas de protección hidráulica		Socavación de cimentaciones superficiales	
Inspección n.º (ver Tabla 6.1) / Año de evaluación			
1 / marzo 2015		2 / enero 2023	
3 / mayo 2023			
CE		CE	
5- Alarmante		1- Satisfactoria	

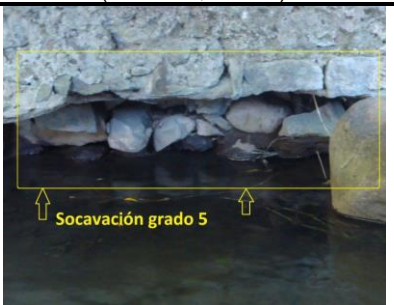
Evidencia fotográfica



Nota: Notar socavación en bastión n.º 2. Tomado del SAEP (CONAVI, 2015b)



Nota: Modificado del SAEP (CONAVI, 2023)



Nota: Bastión n.º 2. Tomado del SAEP (CONAVI, 2015c)



Nota: Bastión n.º 2. Modificado del SAEP (CONAVI, 2023)



Nota: Bastión n.º 2.

Observaciones

En las inspecciones de 2023 se observó que la deficiencia por socavación observada en el 2015 fue atendida por medio de un revestimiento de cauce y una aparente restitución del contacto suelo-cimentación en los bastiones. Sin embargo, en la evaluación del SAEP de enero de 2023 se mantiene la calificación de socavación como alarmante (grado 5 según sistema de evaluación del SAEP), lo cual difiere de lo reportado en imágenes y lo observado en sitio en la inspección de mayo del 2023 que se reporta en este informe.



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 el río Guararí en la Ruta Nacional n.º 126. 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)
Elementos principales (vigas I) de acero	Corrosión con pérdida de sección del ala inferior y parte del alma de todas las vigas.	6 - Falla Inminente
Tablero de concreto	Desprendimientos de concreto con profundidad mayor que 100 mm a través de los cuales no se observa acero de refuerzo.	6 - Falla Inminente
Sistemas de protección hidráulica	Reparación de la socavación que se observó en 2015 (CONAVI, 2015c) por medio de revestimiento de cauce.	1 - Satisfactoria

De manera adicional a lo indicado en la tabla 7.1, en las inspecciones realizadas en el 2015 y el 2023 no se observaron medidas de atención de la corrosión severa observada en las vigas I de la superestructura. Lo anterior ha provocado que se ponga en riesgo la seguridad de los usuarios. No obstante, se observó que la socavación sí fue atendida de forma efectiva.



8. RECOMENDACIONES

Se recomienda a los responsables de la atención del puente por parte del MOPT y CONAVI realizar las acciones mencionadas posteriormente 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.

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
General	<p>Gestión del puente:</p> <p>Clausurar el puente debido al riesgo de colapso inminente que presenta. Desviar los vehículos por la ruta alterna indicada en el SAEP, la cual recorre 3,6 km adicionales por rutas cantonales (CONAVI, 2015b). Se recomienda que esta ruta alterna sea valorada para determinar si brinda seguridad a los usuarios. Iniciar de inmediato las gestiones para instalar un puente temporal que permita restituir el tránsito por la ruta nacional n.º 126.</p>	<p>The Manual for Bridge Evaluation, 3rd Ed. (AASHTO, 2018). Artículo 4.3.5.4. sobre acciones ante hallazgos críticos.</p>



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

Elemento	Recomendación	Referencias bibliográficas
Elementos principales (Superestructura tipo vigas I de acero)	Evaluación estructural:	The Manual for Bridge Evaluation, 3rd Ed. (AASHTO, 2018).
	En caso de que la Administración decida mantener el puente en operación, se recomienda realizar una evaluación de capacidad de carga viva con el fin de definir el peso máximo de los vehículos que pueden transitar sobre el puente y colocar las restricciones de peso máximo vehicular respectivas.	

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. Estas recomendaciones se realizan con el fin de colaborar con la Administración en la definición de actividades temporales, necesarias para restituir el paso de forma segura sobre los carriles que se considera que deben ser cerrados.

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

Elemento	Recomendación	Referencias bibliográficas
Elementos principales (Superestructura tipo vigas I de acero)	Sustitución	Manual de Especificaciones Generales para la Conservación de Caminos, Carreteras y Puentes - MCV-2015 – Apartados relacionados con la sección 617: Protección de riberas.
	Sustituir la superestructura del puente por un puente temporal.	
	Se recomienda utilizar de forma temporal los bastiones existentes, mientras se mantenga la protección existente en el cauce.	



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

Elemento	Recomendación	Referencias bibliográficas
Elementos principales (Superestructura tipo vigas I de acero) (continuación)	<p>Rehabilitación</p> <p>En caso de presentarse inconvenientes técnicos o legales que imposibiliten la sustitución de la superestructura del puente en el corto plazo, se recomienda reforzar de manera temporal la superestructura con elementos estructurales adicionales, sin omitir para esto los diseños respectivos.</p>	Manual de Especificaciones Generales para la Conservación de Caminos, Carreteras y Puentes - MCV-2015 – Apartados relacionados con la sección 615: Reparación de puentes de acero mediante reposición y adición de elementos de acero.

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	<p>Programa de sustitución:</p> <p>Sustituir el puente, diseñando y construyendo una estructura nueva.</p>	ASHTO LRFD Bridge Design Specifications 9th Edition (AASHTO, 2020)

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.



9. REFERENCIAS

AASHTO (2018). The Manual for Bridge Evaluation. 3th Edition. American Association of State Highway and Transportation Officials.

AASHTO (2020). AASHTO LRFD Bridge Design Specifications (9° ed.). American Association of State Highway and Transportation Officials.

CONAVI (2015a). 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.

CONAVI (2015b). Reportes de inspección de inventario puente río Guararí, Ruta Nacional n.º 126. Sistema de Administración de estructuras de puentes (SAEP), Consejo Nacional de Vialidad. Disponible con usuario y contraseña provista por CONAVI en https://saep.conavi.go.cr/SAEP_CONAVI_Web/

CONAVI (2015c). Reportes de inspección de rutinaria puente río Guararí, Ruta Nacional n.º 126. Sistema de Administración de estructuras de puentes (SAEP), Consejo Nacional de Vialidad. Disponible con usuario y contraseña provista por CONAVI en https://saep.conavi.go.cr/SAEP_CONAVI_Web/

CONAVI (2023). Reportes de inspección de rutinaria puente río Guararí, Ruta Nacional n.º 126. Sistema de Administración de estructuras de puentes (SAEP), Consejo Nacional de Vialidad. Disponible con usuario y contraseña provista por CONAVI en https://saep.conavi.go.cr/SAEP_CONAVI_Web/

FHWA (2009). Hydraulic Engineering Circular No. 23 Bridge Scour and Stream Instability Countermeasures: Experience, Selection, and Design Guidance-Third Edition. Publication No. FHWA-NHI-09-112. Federal Highway Administration. USA. <https://www.fhwa.dot.gov/engineering/hydraulics/scourtech/counter.cfm>

FHWA (2018). Bridge Preservation Guide: Maintaining a Resilient Infrastructure to Preserve Mobility. Publication No. FHWA-HIF-18-022. U.S. Department of Transportation.



Federal Highway Administration. Virginia, USA.
<https://www.fhwa.dot.gov/bridge/preservation/guide/guide.pdf>

MOPT. (2007). Manual de Inspección de puentes. Primera Edición. San José: Ministerio de Obras Públicas y Transportes.

MOPT. (2015). Manual de Especificaciones Generales para la Conservación de Caminos, Carreteras y Puentes_MCV-2015. Ministerio de Obras Públicas y Transportes.
<https://www.lanamme.ucr.ac.cr/repositorio/handle/50625112500/847>

MOPT. (2020). Manual de Puentes de Costa Rica – 2020 MP-2020. Documento no publicado. Ministerio de Obras Públicas y Transportes.

Volio, C. (1925). Memoria de fomento correspondiente al año 1925 presentada al Congreso Constitucional. Secretaría de Fomento. Ministerio de Obras Públicas y Transportes.



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 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

- 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.