

INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471

Versión: 03

Página 1 de 26

Programa de Ingeniería Estructural

Proyecto: LM-PIE-UP-P19-2021

INFORME DE INSPECCION ESPECIAL PUENTE SOBRE EL RÍO TOYOGRES RUTA NACIONAL N.º 10: Evaluación de la socavación de cimientos y el agrietamiento en bastiones



Preparado por:
**Unidad de Puentes
LanammeUCR**



San José, Costa Rica
Julio, 2021



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471

Versión: 03

Página 2 de 26

Página intencionalmente dejada en blanco



INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471

Versión: 03

Página 3 de 26

1. Informe: LM-PIE-UP-P19-2021		2. Copia n.º 1
3. Título y subtítulo: INFORME DE INSPECCION ESPECIAL PUENTE SOBRE EL RÍO TOYOGRES RUTA NACIONAL N.º 10: EVALUACIÓN DE LA SOCAVACIÓN DE CIMIENTOS Y EL AGRIETAMIENTO EN BASTIONES		4. Fecha del Informe 22 de julio, 2021
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 / Fax: (506) 2511-4440		
6. Notas complementarias No se permite la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización del director del LanammeUCR. La firma n.º 14 no está sujeta al Sistema de Gestión de Calidad.		
7. Resumen <i>Este informe de inspección especial del puente sobre el río Toyogres en la Ruta Nacional n.º 10, es un producto del programa de inspecciones de puentes existentes de la Unidad de Puentes del Programa de Ingeniería Estructural – LanammeUCR. Este programa tiene como objetivo evaluar la condición estructural y funcional de puentes ubicados a lo largo de la Red Vial Nacional, en el marco de las competencias asignadas mediante el artículo 6 de la Ley n.º 8114.</i> <i>Según lo observado en el sitio, el puente presenta un aumento significativo en la pérdida de soporte del suelo bajo las cimentaciones de ambos bastiones por socavación, con respecto a las observaciones de una inspección anterior, realizada por el CONAVI. Por lo tanto, con el propósito de contribuir a la atención de la estructura evaluada, se realizan recomendaciones relacionadas con las deficiencias expuestas en este informe.</i>		
8. Palabras clave 2021, Puentes red vial nacional, Informe de inspección, Ruta Nacional n.º 10, Río Toyogres, Inspección especial, Socavación, Unidad de Puentes.	9. Nivel de seguridad: Ninguno	10. Núm. de páginas 26
11. Inspección e informe por: Ing. Luis Guillermo Vargas Alas Inspector Nivel III - Unidad de Puentes Programa de Ingeniería Estructural	12. Inspección y revisión por: Ing. Sergio Álvarez González Inspector Nivel II - Unidad de Puentes Programa de Ingeniería Estructural	13. Revisado y aprobado por: Ing. Rolando Castillo Barahona, Ph.D. Coordinador de la Unidad de Puentes Programa de Ingeniería Estructural
14. Revisado por: Lic. Miguel Chacón Alvarado Asesor Legal LanammeUCR		



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471

Versión: 03

Página 4 de 26

Página intencionalmente dejada en blanco



INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471	Versión: 03	Página 5 de 26
----------------	-------------	----------------

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	7
2. OBJETIVOS	7
3. ALCANCE DEL INFORME	8
4. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PUENTE	9
5. PRINCIPALES DEFICIENCIAS OBSERVADAS DURANTE LA INSPECCIÓN ESPECIAL	13
5.1. OBSERVACIÓN N.º 1: SOCAVACIÓN DE CIMENTACIONES.....	13
5.2. OBSERVACIÓN N.º 2: AVANCE DE LA SOCAVACIÓN OBSERVADA	16
5.3. OBSERVACIÓN N.º 3: AGRIETAMIENTO EN EL BASTIÓN N.º 2 DEL PUENTE	18
6. ACCIONES PROMOVIDAS POR EL CONAVI PARA LA INTERVENCIÓN DEL PUENTE.....	19
7. CONCLUSIONES.....	20
8. RECOMENDACIONES	21
9. REFERENCIAS.....	22
ANEXO A GLOSARIO.....	25



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471	Versión: 03	Página 6 de 26
----------------	-------------	----------------

Página intencionalmente dejada en blanco



INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471	Versión: 03	Página 7 de 26
----------------	-------------	----------------

1. INTRODUCCIÓN

Este informe de *inspección especial* del puente sobre el río Toyogres en la Ruta Nacional n.º 10, es un producto del programa de inspecciones de puentes existentes de la Unidad de Puentes del Programa de Ingeniería Estructural – LanammeUCR. Este programa tiene como objetivo evaluar la condición estructural y funcional de puentes ubicados a lo largo de la Red Vial Nacional a partir de una inspección del puente, de conformidad con las competencias asignadas al Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales de la Universidad de Costa Rica (LanammeUCR) mediante la Ley n.º 8114 y su reforma mediante la Ley n.º 8603. La *inspección especial* del puente se llevó a cabo el día 11 de mayo de 2021, a raíz de un reporte presentado por una persona de la comunidad, quien compartió varias fotografías de la socavación observada en las cimentaciones. Esta situación es presentada y analizada en este informe.

2. OBJETIVOS

- a) Evaluar la socavación de cimentaciones y el agrietamiento en el cuerpo de los bastiones a partir de la visita al sitio.
- b) Comparar la socavación reportada en la inspección rutinaria realizada en julio del 2015 y registrada en la herramienta informática del Sistema de Administración de Estructuras de Puentes (SAEP) de CONAVI con la socavación y el agrietamiento del bastión, observados en mayo del 2021.
- c) Corroborar si el puente está incluido dentro del “Programa de Intervención de Puentes en Estado Deficiente (PIPED)” promovido por el CONAVI (Salas-Pérez, 2020).
- d) Proporcionar recomendaciones generales para la intervención de la socavación de las cimentaciones del puente.

INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471	Versión: 03	Página 8 de 26
----------------	-------------	----------------

3. ALCANCE DEL INFORME

Este informe de *inspección especial* del puente sobre el río Toyogres se realizó a raíz de un reporte presentado por una persona de la comunidad, quien compartió varias fotografías donde se mostraba la socavación de las cimentaciones. Como este daño por socavación ya se encontraba reportado en la herramienta informática del SAEP, pero con una inspección realizada en el año 2015, el informe se realiza con el fin de corroborar y actualizar la progresión de la deficiencia en el periodo de tiempo transcurrido hasta esta inspección.

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

- Subestructura: Socavación de cimentaciones superficiales y agrietamiento del cuerpo de un bastión.
- Cauce del río: Socavación general y local, potencial bloqueo del cauce.

Una *inspección especial* solamente contempla la inspección y evaluación de algunos elementos de un puente. En contraste, una *inspección rutinaria* contempla la inspección de todos los elementos (CONAVI, 2015a). En el glosario incluido en el Anexo A se presenta la definición de distintos tipos de inspecciones.

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

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.

Este informe sí contempla la revisión de información relevante contenida en los formularios de inspección de inventario y de inspección rutinaria del puente de julio del 2015 que se encuentra registrada en la herramienta informática del SAEP de CONAVI. Estos formularios están disponibles en https://saep.conavi.go.cr/SAEP_CONAVI_Web/, con el usuario y contraseña respectivos, que son brindados por el CONAVI.

INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471	Versión: 03	Página 9 de 26
----------------	-------------	----------------

4. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PUENTE

En esta sección se recopila la siguiente información del puente inspeccionado: características básicas de la estructura y 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 en vista en planta y vista en elevación (ver Figura 4.4 y **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, respectivamente).

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

Ubicación	Provincia, Cantón, Distrito	Cartago, Cartago, Oriental
	Coordenadas (WGS84)	09°51'41,59"N de latitud / 83°54'32,46"O de longitud
	Cruza sobre	Río Toyogres
Ruta Nacional en la que se ubica el puente	Número de ruta	10
	Kilómetro de ubicación	4,169
	Tipo de ruta	Primaria
	Sección de control	30040
TPDA (MOPT, 2021)	Total	24220
	Porcentaje de vehículos pesados	12,87 %
	Camiones de 5 o más ejes	0,63 %
	Año en que se realizó el conteo	2017
Características generales del puente	Longitud (m)	6,0
	Tipo de superestructura	Losa de concreto reforzado, integrada a los bastiones
	Número de tramos	1
	Año de construcción	1955 (Muñoz-Barrantes et al., 2016)
	Número de elementos de la subestructura	2
	Tipo de bastiones	Bastión n.º 1 y n.º 2: tipo muro de concreto reforzado
	Tipo de cimentación	Bastión n.º 1 y n.º 2: superficial



INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471	Versión: 03	Página 10 de 26
----------------	-------------	-----------------

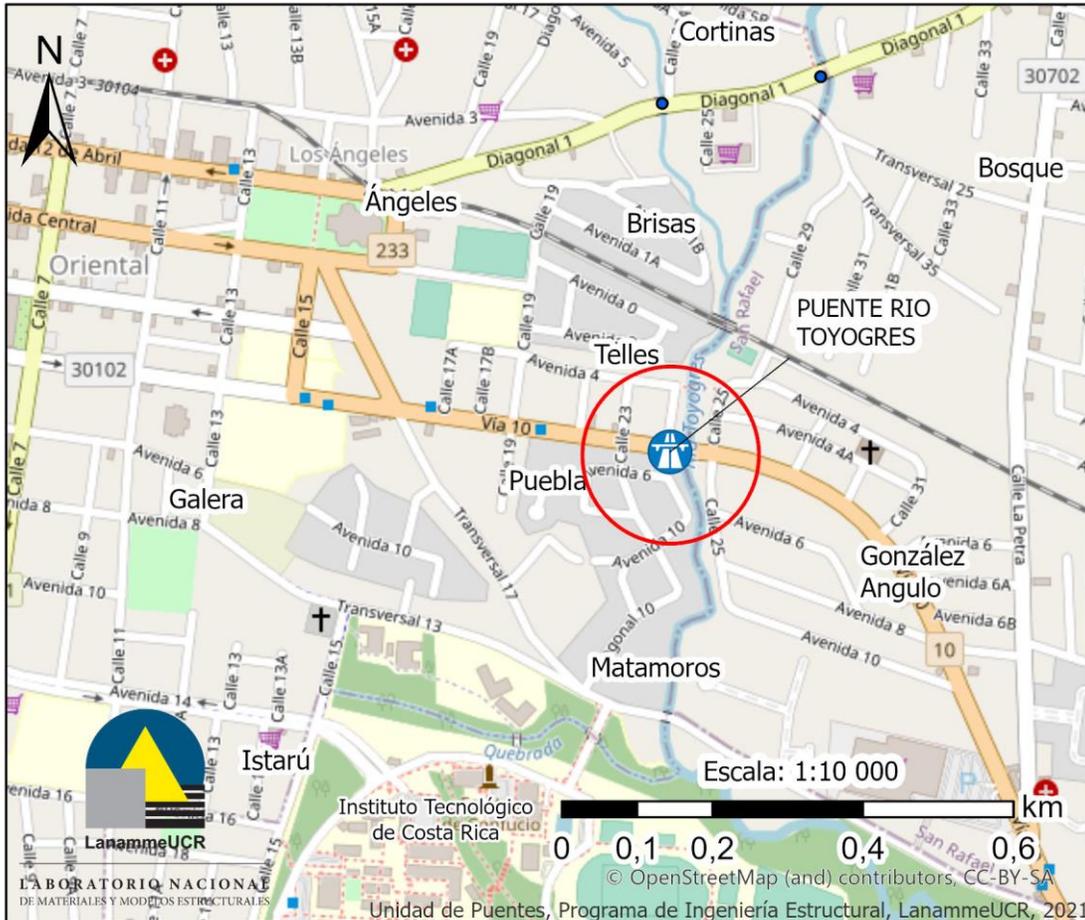


Figura 4.1. Ubicación geográfica del puente sobre el río Toyogres.
(Adaptado de Open Street Maps, 2021).



INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471

Versión: 03

Página 11 de 26



Figura 4.2. Vista a lo largo de la línea de centro (vista hacia Barrio Los Ángeles).

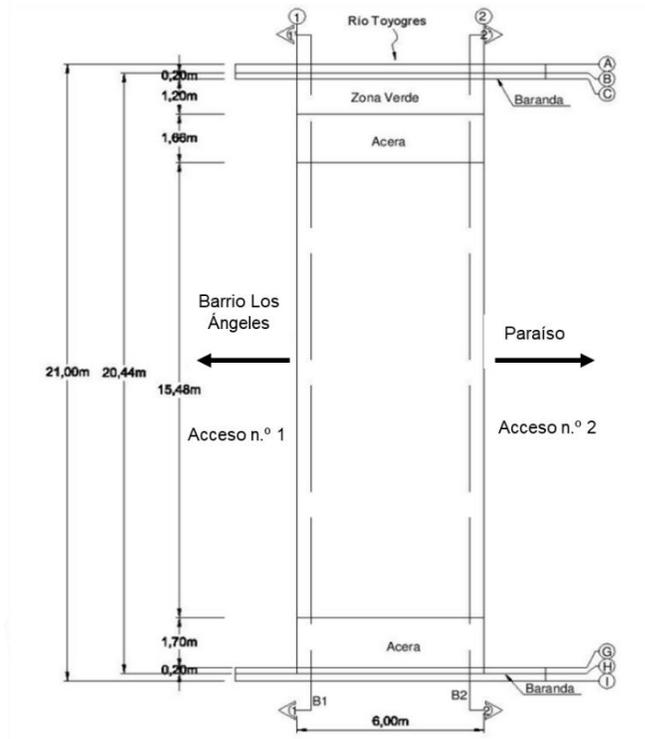


Figura 4.3. Vista lateral del puente (aguas arriba).

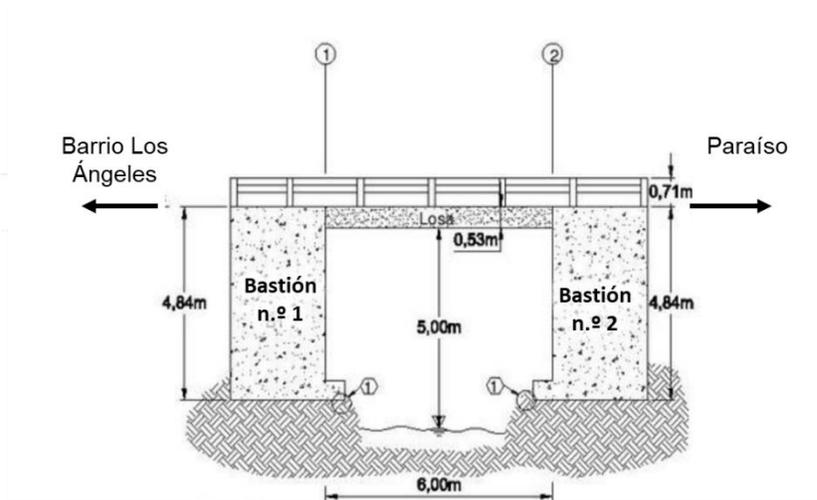


INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471	Versión: 03	Página 12 de 26
----------------	-------------	-----------------



(a) Vista en planta



(b) Vista en elevación

Figura 4.4. Esquema mostrando la identificación utilizada para el puente
(Fuente: Modificado de CONAVI, 2015b).



INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471

Versión: 03

Página 13 de 26

5. PRINCIPALES DEFICIENCIAS OBSERVADAS DURANTE LA INSPECCIÓN ESPECIAL

5.1. Observación n.º 1: Socavación de cimentaciones

Se observó socavación en el 100 % de las cimentaciones de los bastiones del puente. En sitio, se midió, bajo la placa de cimentación del bastión n.º 1, una pérdida de suelo de aproximadamente 1,70 m de altura y 1,50 m de largo (ver Figura 5.1). El largo se mide desde el borde externo hasta donde se observa contacto con el suelo bajo la cimentación. Para el bastión n.º 2, se midió una pérdida de suelo bajo la placa de cimentación que varía aproximadamente entre 1,60 m y 1,80 m de altura y 2,00 m de largo (ver Figura 5.2).



Figura 5.1. Socavación bajo la cimentación del bastión n.º 1 del puente.



INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471

Versión: 03

Página 14 de 26



Figura 5.2. Socavación bajo la cimentación del bastión n.º 2 del puente.

La socavación observada se debe a la restricción al flujo del agua provocada por los bastiones del puente que fueron construidos en el cauce (ver Figura 4.3). Esta restricción, ha provocado un aumento en la velocidad del flujo de agua durante crecidas, lo cual ha causado la socavación local del suelo bajo los cimientos del puente y, también, la socavación general del lecho y las márgenes del río (ver Figura 5.3). En el Manual de consideraciones técnicas hidrológicas e hidráulicas para la infraestructura vial en Centroamérica (SIECA, 2016) se establece un lineamiento para la ubicación de la parte frontal de la pared del bastión, la cual, debe estar, al menos, en la intersección de la margen del río con el nivel de aguas máximas. En el puente sobre el río Toyogres, no se cumple este lineamiento, ya que los bastiones se



INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471	Versión: 03	Página 15 de 26
----------------	-------------	-----------------

encuentran dentro del cauce del río, aún con el nivel normal de agua observado durante la inspección (ver Figura 5.2).

A partir de una investigación realizada en internet se encontraron dos notas periodísticas publicadas en el 2017 (AMPrensa, 2017; La Teja, 2017) donde se informaba del desbordamiento del río y el aumento del nivel de agua por encima del tablero del puente. Este desbordamiento es evidencia del que el puente no tiene suficiente área hidráulica y representa una restricción al paso del agua, cuando se generan crecidas en el río.

Por otra parte, se observó que la carretera no cuenta con un sistema de drenaje que permita recoger la escorrentía superficial para su descarga de forma controlada en el río. En la inspección se observó agua proveniente de la carretera que descarga a ambos costados del puente, generando erosión del talud y contribuyendo a la socavación local de las cimentaciones. (ver Figura 5.1 y Figura 5.3).



Figura 5.3. Socavación general y local en el lecho del río Toyogres. También, descarga de desagües en uno de los extremos del puente que contribuye a la socavación local.



INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471

Versión: 03

Página 16 de 26

Es importante mencionar que, en el 2015, la Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias (CNE) promovió una contratación para sustituir un puente cantonal, sobre el mismo río Toyogres, que había colapsado en el 2010 por socavación (CNE, 2015). El puente de la contratación está ubicado en el cantón de Oreamuno, distrito de San Rafael (Avenida 17), al norte y aguas arriba del puente evaluado en este informe (coordenadas en sistema WGS84: 9°52'23,91"N 83°54'18,09"O). El puente colapsado tenía un sistema estructural similar al del puente evaluado en este informe, según se puede ver en la Figura 5.4, lo cual, es evidencia del riesgo en el que se encuentra el puente de la Ruta Nacional n.º 10.



Figura 5.4. Puente en ruta cantonal de San Rafael de Oreamuno (Avenida 17) sobre el río Toyogres, que colapsó en el año 2010. Notar la similitud con el puente evaluado en este informe. (Fotografías obtenidas de CNE, 2015).

5.2. Observación n.º 2: Avance de la socavación observada

La socavación de las cimentaciones del puente fue detectada por primera vez en la inspección de inventario realizada en julio de 2015, la cual, está registrada en la herramienta informática SAEP del CONAVI. De acuerdo con los esquemas de deficiencias, las fotografías y los comentarios incluidos en la herramienta informática SAEP, se puede concluir que la socavación ha aumentado significativamente en los 6 años que han transcurrido desde esa inspección.

INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471	Versión: 03	Página 17 de 26
----------------	-------------	-----------------

En la inspección de julio de 2015, se midió bajo la cimentación de los bastiones n.º 1 y n.º 2 una pérdida de suelo de aproximadamente 0,70 m altura y 1,30 m de largo (CONAVI, 2015), Esta pérdida de suelo resulta ser mucho menor a la observada durante la inspección del 11 de mayo 2021 (ver Observación n.º 1). Al comparar las mediciones realizadas en julio de 2015 y mayo de 2021, se cuantifica un incremento de la socavación del 150% en la altura y un incremento del 50% en el largo. Estas diferencias en socavación son evidencia contundente de que la socavación de las cimentaciones ha empeorado significativamente y es un problema que se debe atender de inmediato para evitar el colapso de la estructura.



Figura 5.5. Comparación entre la socavación observada bajo la cimentación del bastión n.º 1 en la inspección de julio de 2015 (registrada en la herramienta SAEP del CONAVI) y la observada en mayo de 2021 (reportada en este informe). Nótese la diferencia en el nivel de socavación. (Fotografía izquierda modificada de CONAVI, 2015b).

INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471	Versión: 03	Página 18 de 26
----------------	-------------	-----------------

5.3. Observación n.º 3: Agrietamiento en el bastión n.º 2 del puente

Se observó una grieta horizontal en el bastión n.º 2 la cual se extendía horizontalmente en aproximadamente un 50 % del cuerpo del elemento. La grieta tiene un ancho aproximado que varía entre 0,5 mm y 1,5 mm (ver Figura 5.6). Este agrietamiento puede estar relacionado con el inicio del asentamiento debido la pérdida de soporte de la cimentación, producto de la socavación observada (ver observación n.º 1). En el bastión n.º 1 no se observó agrietamiento.

En la inspección de julio de 2015, registrada en la herramienta informática SAEP, no se mencionan estas grietas en el bastión n.º 2, por lo cual, posiblemente, se presentaron después de esa inspección y están relacionadas con la pérdida de soporte debido al avance de la socavación observada (ver observaciones n.º 1 y n.º 2).

Adicionalmente, se midió una rotación de aproximadamente 3 ° en el sentido antihorario del bastión n.º 2 (ver Figura 5.7), posiblemente relacionada con la pérdida de soporte del bastión n.º 2 debido a la socavación.



Figura 5.6. Agrietamiento en una dirección en el bastión n.º 2.



INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471

Versión: 03

Página 19 de 26



Figura 5.7. Inclinación de aproximadamente de 3 ° en sentido antihorario del bastión n.º 2

6. ACCIONES PROMOVIDAS POR EL CONAVI PARA LA INTERVENCIÓN DEL PUENTE

El puente sobre el río Toyogres en la Ruta Nacional n.º 10 se encuentra en una lista de puentes por intervenir, que está incluida en el llamado “Programa de Intervención de Puentes en Estado Deficiente (PIPED)”. La lista fue remitida a la Unidad de Puentes por el CONAVI en marzo de 2020 mediante el oficio DIE-EX-07-20-0317 (111). En esa lista se incluyeron los puentes que tienen alta “*probabilidad de colapso y de pérdidas económicas y de vidas humanas (sic) (sin otro factor desencadenante más que su deficiente estado), lo que obliga a la acción inmediata para su rehabilitación o sustitución*” (Salas-Pérez, 2020), según consta en el oficio citado. Esta situación es suficiente evidencia de que el puente debería ser intervenido de inmediato. Falta definir por parte del CONAVI si el puente debe ser rehabilitado o sustituido. Esta decisión dependerá de la gravedad de su situación y del costo de rehabilitación, que no debería superar el 70% del costo de su sustitución, incluyendo en este costo, la demolición de la estructura anterior, los estudios básicos y el diseño de la nueva estructura (Salas-Pérez, 2020).



INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471	Versión: 03	Página 20 de 26
----------------	-------------	-----------------

Es evidente que el CONAVI ha identificado este puente como deficiente y que requiere ser intervenido. Sin embargo, no existe evidencia de que se hayan tomado acciones concretas para realizar su intervención en el corto plazo. En este informe, se demuestra que la condición del puente ha desmejorado significativamente desde el 2015 y por lo tanto se recomienda que sea intervenido de inmediato ya que existe el riesgo de colapso.

7. CONCLUSIONES

En este informe se presentan los resultados de la inspección especial realizada al puente sobre el río Toyogres en la Ruta Nacional n.º 10 para dar seguimiento a la socavación que presenta la cimentación de ambos bastiones y el agrietamiento que se observó en el bastión n.º 2. Las principales observaciones de la inspección son las siguientes:

- La socavación de las cimentaciones ha aumentado significativamente con respecto a lo observado en julio 2015. Se cuantifica un incremento de la socavación del 150% en la altura y un incremento del 50% en el largo.
- Agrietamiento del bastión n.º 2, aparentemente, debido a la rotación del cuerpo del bastión generada por la pérdida de soporte bajo la cimentación producto de la socavación.

Adicionalmente, se corroboró que el puente sobre el río Toyogres se encuentra en el “Programa de Intervención de Puentes en Estado Deficiente (PIPED)”, promovido por el CONAVI. La intervención del puente, por medio de Rehabilitación o Sustitución, se encuentra priorizada sin embargo no existe evidencia que se hayan iniciado con los procesos de contratación y ejecución.



INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471

Versión: 03

Página 21 de 26

8. RECOMENDACIONES

Como se comentó anteriormente, el puente sobre el río Toyogres se encuentra en los planes del CONAVI para realizar su rehabilitación o sustitución, en un mediano plazo. Sin embargo, por el aumento significativo observado en la socavación de los cimientos durante la inspección, se recomienda intervenir el puente de manera urgente para evitar su colapso. Por lo tanto, con el propósito de evitar que la estructura colapse antes de su intervención definitiva se recomienda realizar las siguientes acciones de intervención temporal:

1. Restituir de manera urgente el contacto con el suelo de la cimentación de ambos bastiones por medio de acciones como las que se incluyen en el Manual de especificaciones generales para la conservación de caminos, carreteras y puentes MCV-2015 (MOPT, 2015) y siguiendo las recomendaciones del Manual de consideraciones técnicas hidrológicas e hidráulicas para la infraestructura vial en Centroamérica (SIECA, 2016).
2. Construir obras temporales de revestimiento del lecho y de las márgenes del río para evitar el aumento en la altura y largo de socavación por el arrastre y erosión provocadas por el río Toyogres, de acuerdo con la guía HEC n.º 23: "Bridge Scour and Stream Instability Countermeasures: Experience, Selection, and Design Guidance-Third Edition", Volumen 1 (FHWA, 2009a) y 2 (FHWA, 2009b). Se recomienda consultar a un ingeniero especialista en hidráulica de puentes.
3. Mejorar las salidas del sistema de drenaje que recoge el agua de escorrentía superficial de la carretera de acceso al puente, con algún método que evite la erosión de los taludes. Se recomienda consultar a un ingeniero especialista en hidráulica.
4. Antes de realizar las acciones de intervención temporal recomendadas en los puntos n.º 1 y n.º 2, se recomienda monitorear con regularidad la progresión de la socavación en ambos bastiones del puente, el lecho y las márgenes del río, principalmente en época lluviosa, después de la ocurrencia de eventos extremos, como crecidas por eventos hidrometeorológicos o sismos importantes, debido a la condición de pérdida de soporte bajo las cimentaciones. Lo anterior, adquiere mayor importancia, en el caso



INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471	Versión: 03	Página 22 de 26
----------------	-------------	-----------------

de que se decida no intervenir el puente hasta la rehabilitación o sustitución del puente que se está planificando como intervención definitiva.

5. Para la intervención definitiva, realizar un estudio hidrológico e hidráulico, siguiendo las recomendaciones del Manual de consideraciones técnicas hidrológicas e hidráulicas para la infraestructura vial en Centroamérica (SIECA, 2016), para decidir si el puente se puede rehabilitar o se debe sustituir.

Es de esperar que estas recomendaciones sean evaluadas por profesionales que la Administración haya asignado como responsables de la gestión para el mantenimiento y rehabilitación de las estructuras de puentes. En caso de ser requerido se recomienda procurar asesoría profesional en los aspectos mencionados en las recomendaciones realizadas.

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. AM Prensa (22 de septiembre de 2017). *(Fotos y vídeos) Inundaciones afectan casas y escuela en Cartago*. Sección de sucesos. Disponible en: <https://amprensa.com/2017/09/fotos-inundaciones-afectan-casas-escuela-cartago/>
3. 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, San José, Costa Rica.
4. CONAVI (2015b). *Información del Puente RÍO TOYOGRES - Ruta N.º 10 - kilómetro 4.169 (puente número 412)*. Sistema de Administración de Estructuras de Puentes (SAEP). Disponible en: https://saep.conavi.go.cr/SAEP_CONAVI_Web/
5. CNE (2015). *Contratación por emergencia N°012-2015: "Diseño y construcción de puente vehicular sobre el Río Toyogres en San Rafael, Oreamuno, Cartago" (Decreto N° 36252-MP)*. Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias. Disponible



INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471	Versión: 03	Página 23 de 26
----------------	-------------	-----------------

en: <https://docplayer.es/74091399-Diseno-y-construccion-de-puente-vehicular-sobre-el-rio-toyogres-en-san-rafael-oreamuno-cartago-decreto-n-mp.html>

6. FHWA (2009a). *Bridge Scour and Stream Instability Countermeasures: Experience, Selection, and Design Guidance-Third Edition*. Volume 1. Publication No. FHWA-NHI-09-111. Federal Highway Administration. U.S. Department of Transportation. Disponible en: <https://www.fhwa.dot.gov/engineering/hydraulics/pubs/09111/09111.pdf>
7. FHWA (2009b). *Bridge Scour and Stream Instability Countermeasures: Experience, Selection, and Design Guidance-Third Edition*. Volume 2. Publication No. FHWA-NHI-09-111. Federal Highway Administration. U.S. Department of Transportation. Disponible en: <https://www.fhwa.dot.gov/engineering/hydraulics/pubs/09111/09112.pdf>
8. La Teja (22 de septiembre de 2017). *Río Toyogres en Oreamuno de Cartago*. Sección de sucesos. Disponible en: <https://www.lateja.cr/sucesos/rio-toyogres-en-oreamuno-de-cartago/a1e4eac3-9f7a-419e-a753-702706c75d32/video/#>
9. 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/123456789/232>
10. MOPT (2021). *Tránsito Promedio Diario Anual (TDPA) de una Estación de Conteo (Ruta 10, Sección 30040, 100 m este del liceo Vicente Lachner)* [Archivo pdf]. Planificación Estratégica Multimodal. Secretaría de Planificación Sectorial. Ministerio de Obras Públicas y Transportes. San José, Costa Rica. Disponible en: <https://sig.mopt.go.cr:8084/transito/tpd.php>.
11. Muñoz-Barrantes, J., Vega-Salas, P. A., Vargas-Alas, L. G., Barrantes-Jiménez, R., Loría-Salazar, L. G. (2015). *Informe LM-PI-UP-02-2016: Información de inventario para puentes en la Red Vial Nacional de Costa Rica*. Unidad de Puentes. Programa de Infraestructura del Transporte. Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales de la Universidad de Costa Rica (LanammeUCR). Disponible en: <https://www.lanamme.ucr.ac.cr/repositorio/handle/50625112500/1035>.



INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471	Versión: 03	Página 24 de 26
----------------	-------------	-----------------

12. Salas-Pérez, M. (26 de marzo de 2020) “*Resultados de la revisión realizada a los puentes que se incluyen en el Programa de Intervención de Puentes (PIP) del Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI)*”. Oficio n.º DIE-EX-07-20-0317 (111) dirigido a Esteban Villalobos Vega. En posesión de la Unidad de Puentes del Programa de Ingeniería Estructural del LanammeUCR [Distribución solo con autorización del remitente].

13. SIECA (2016). Manual de consideraciones técnicas hidrológicas e hidráulicas para la infraestructura vial en Centroamérica. Secretaría de Integración Económica Centroamericana, San Salvador, El Salvador. Disponible en: <http://repositorio.mopt.go.cr:8080/xmlui/123456789/488>



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471	Versión: 03	Página 25 de 26
----------------	-------------	-----------------

ANEXO A

Glosario.



INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471	Versión: 03	Página 26 de 26
----------------	-------------	-----------------

- **Inspección de inventario:** Inspección utilizada para registrar la primera información de inventario e inspección del puente. El objetivo de esta inspección es recopilar dimensiones, fotografías e información básica del puente, así como efectuar una primera inspección visual de daños de los elementos del puente (CONAVI, 2015a).
- **Inspección rutinaria:** Tipo de inspección que se realiza cada dos años, una vez que la información de la *inspección de inventario* ha sido registrada. En el caso de puentes nuevos o con pocas deficiencias este período puede ser ampliado hasta cinco años. El objetivo de este tipo de inspección consiste en verificar la información registrada en la *inspección de inventario*, así como conocer y evaluar el grado de deterioro actual de los diferentes elementos del puente (CONAVI, 2015a).
- **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, 2015a).
- **Inspección especial:** Inspección no programada usada para monitorear una o varias deficiencias ya conocidas o identificar nuevas deficiencias en elementos de un puente, de las cuales, se sospecha que tendrán un impacto negativo en la condición del puente, en el corto o mediano plazo y que no sean producto directo de desastres naturales, accidentes, eventos extraordinarios o colapsos, las cuales, están cubiertas por la *inspección de urgencia*. Esta también puede ser usada para monitorear detalles especiales o características inusuales de un puente que no necesariamente tenga defectos (AASHTO, 2018).