



Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales

Informe: EIC-Lanamme-INF-1467-2022

INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

PUENTE SOBRE RUTA NACIONAL N.º 102 (A) RUTA NACIONAL N.º 32



Preparado por:
Unidad de Puentes
Programa de Ingeniería Estructural



San José, Costa Rica
10 de octubre, 2022



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA

LanammeUCR

Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

EIC-Lanamme-INF-1467-2022

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

Página 2 / 40

Página intencionalmente dejada en blanco



EIC-Lanamme-INF-1467-2022	Código: RC-471 – Vers.: 04 - vigente desde 15/12/2021	Página 3 / 40
---------------------------	---	---------------

1. Informe: EIC-Lanamme-INF-1467-2022		2. Versión n.º 1
3. Título y subtítulo: INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL PUENTE SOBRE RUTA NACIONAL N.º 102 (A) RUTA NACIONAL N.º 32		4. Fecha del Informe 10 de octubre de 2022
5. Organización y dirección Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales, Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica. Tel: (506) 2511-2500		
6. Palabras clave 2022, Puentes red vial nacional, Informe de inspección especial, EIC-Lanamme-INF-1467-2022, Ruta Nacional n.º 32, Puente Sobre Ruta Nacional n.º 102 (A), Ruta Nacional n.º 102, Unidad de Puentes.		
7. Información general Este informe de inspección especial del puente sobre Ruta Nacional n.º 102 (A) en la Ruta Nacional n.º 32, es un producto de las inspecciones de puentes en servicio que realiza la Unidad de Puentes del Programa de Ingeniería Estructural – LanammeUCR. Este informe se realiza, en el marco de las competencias asignadas al LanammeUCR según se indica en el artículo 6 de la Ley n.º 8114. Esta inspección se desarrolló de acuerdo al alcance de acreditación n.º OI-045, alcance disponible en www.eca.or.cr . Este informe de inspección de puentes tiene validez únicamente en su forma íntegra y original. No se permite la reproducción total ni parcial de este documento sin la autorización del director del LanammeUCR. Las firmas n.º 15 y n.º 16 no se encuentran dentro del proceso de acreditación.		
8. Inspección e informe por: Inspector nivel 2 - Unidad de Puentes	9. Inspección por: Inspector nivel 1 - Unidad de Puentes	10. Inspección por: Inspector nivel 2 - Unidad de Puentes
11. Inspección por: Inspector nivel 3 - Unidad de Puentes	12. Inspección y revisión por: Inspector nivel 3 - Unidad de Puentes	13. Inspección y revisión por: Inspector nivel 3 - Unidad de Puentes
14. Inspección, revisión y aprobación por: Coordinador Unidad de Puentes	15. Revisión legal por: Asesor/a Legal LanammeUCR	16. Aprobado por: Coordinador Programa de Ingeniería Estructural



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA

LanammeUCR

Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

EIC-Lanamme-INF-1467-2022

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

Página 4 / 40

Página intencionalmente dejada en blanco



RESUMEN EJECUTIVO

Este informe presenta la *inspección especial* del puente sobre Ruta Nacional n.º 102 (A), ubicado en el kilómetro 2,35 de la Ruta Nacional n.º 32.

Durante la inspección, se observaron deficiencias en condición alarmante (5), ya que la estabilidad del puente podría estar comprometida en el corto plazo debido a deficiencias significativas en las vigas principales de la superestructura del puente (ver tabla 5.4).

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 7.1 y 7.2).



TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN.....	8
2.	OBJETIVOS	10
3.	ALCANCE DEL INFORME	11
4.	DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PUENTE	12
5.	PRINCIPALES OBSERVACIONES DE LA INSPECCIÓN ESPECIAL	16
5.1.	Deficiencias en el elemento: Sistema de contención vehicular (puente), del componente: Seguridad vial.....	16
5.2.	Deficiencias en el elemento: Señalización y demarcación, del componente: Seguridad vial.....	18
5.3.	Deficiencias en el elemento: Tablero, del componente: Superestructura (Tablero).....	19
5.4.	Deficiencias en el elemento: Vigas principales, del componente: Superestructura de vigas de concreto presforzado.....	20
5.5.	Deficiencias en el elemento: Cabezal de bastiones, del componente: Subestructura.....	22
5.6.	Deficiencias en el elemento: Apoyos, del componente: Subestructura.....	23
6.	CONCLUSIONES.....	24
7.	RECOMENDACIONES	26
7.1.	En el corto plazo:	26
7.2.	En el mediano plazo:.....	28
8.	REFERENCIAS.....	30
	ANEXO 1 GLOSARIO	32
	ANEXO 2 CRITERIOS PARA CALIFICAR LA CONDICIÓN DE LOS ELEMENTOS EVALUADOS EN EL PUENTE.....	37



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA

LanammeUCR

Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

EIC-Lanamme-INF-1467-2022

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

Página 7 / 40

Página intencionalmente dejada en blanco



1. INTRODUCCIÓN

Este informe de *inspección especial* del puente sobre Ruta Nacional n.º 102 (A) en la Ruta Nacional n.º 32, 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 los días 20 de julio y 8 de agosto de 2022, a raíz de la afectación por impacto que se presenta en algunos de los elementos principales de la superestructura.

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) 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

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 seguridad vial:
 - Sistema de contención vehicular (puente).
 - Señalización y demarcación.
- Elementos pertenecientes al componente superestructura (tablero):
 - Tablero.
- Elementos pertenecientes al componente superestructura (vigas de concreto presforzado):
 - Elementos principales.
- Elementos pertenecientes al componente subestructura:
 - Cabezal de bastiones.
 - Apoyos.

El informe contempla la revisión de información relevante incluida en los planos de diseño y construcción del puente (MOPT, 1974). La validez de los planos fue verificada por medio de comparación entre mediciones directas e indirectas realizadas en sitio de algunos elementos del puente y la dimensión reportada en planos de dichos elementos. También se dispuso de los formularios de inspección de inventario (CONAVI, 2021) e inspección rutinaria (CONAVI, 2021) del Sistema de Administración de Estructuras de Puentes (SAEP).

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.

Este informe no cubre las deficiencias que puedan existir en el puente paralelo, diferenciado en su nombre con la letra (B), y ubicado al costado oeste del puente inspeccionado. Esto debido a que ambas estructuras, aunque comparten subestructura, son completamente independientes en su superestructura.



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, 2021.

Ubicación	Provincia, Cantón, Distrito	San José, Tibás, San Juan
	Coordenadas (WGS84)	9° 57' 43.42" N de latitud / 84° 4' 21.35" O de longitud
	Vía que cruza	Ruta Nacional n.º 102
Ruta Nacional en la que se ubica el puente	Número de ruta	32
	Kilómetro de ubicación	2,35
	Tipo de ruta	Primaria
	Sección de control	19012
Características básicas del puente	Longitud (m)	30,8
	Tipo de superestructura	Viga de concreto presforzado
	Número de tramos	1
	Año de construcción	No disponible
	Cantidad de bastiones y pilas	2 bastiones; 0 pilas
	Tipo de bastiones	Bastión n.º 1 y n.º 2, tipo marco de concreto reforzado
	Tipo de pilas	No posee
	Tipo de apoyos en bastiones	Bastión n.º 1 y n.º 2: apoyo elastomérico
	Tipo de apoyos en pilas	No aplica
	Tipo de cimentación en bastiones y pilas	Bastión n.º 1 y n.º 2: superficial

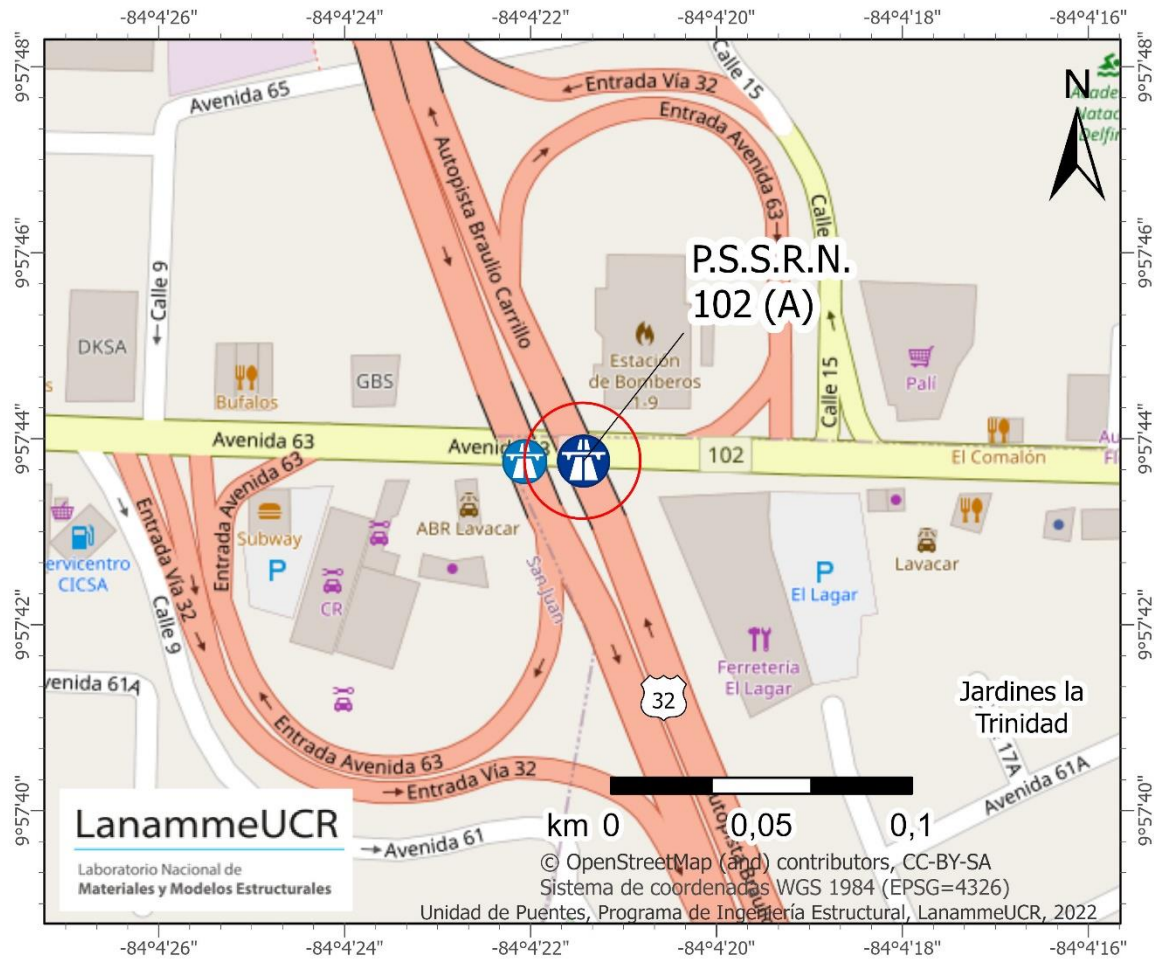


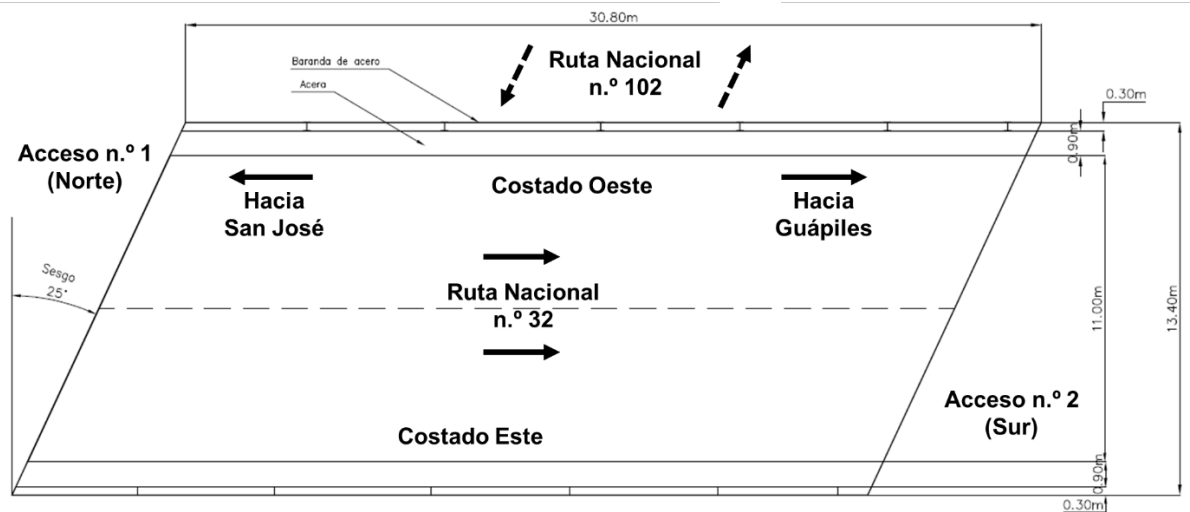
Figura 4.1. Ubicación geográfica del puente
(Adaptado de Open Street Maps, 2022)



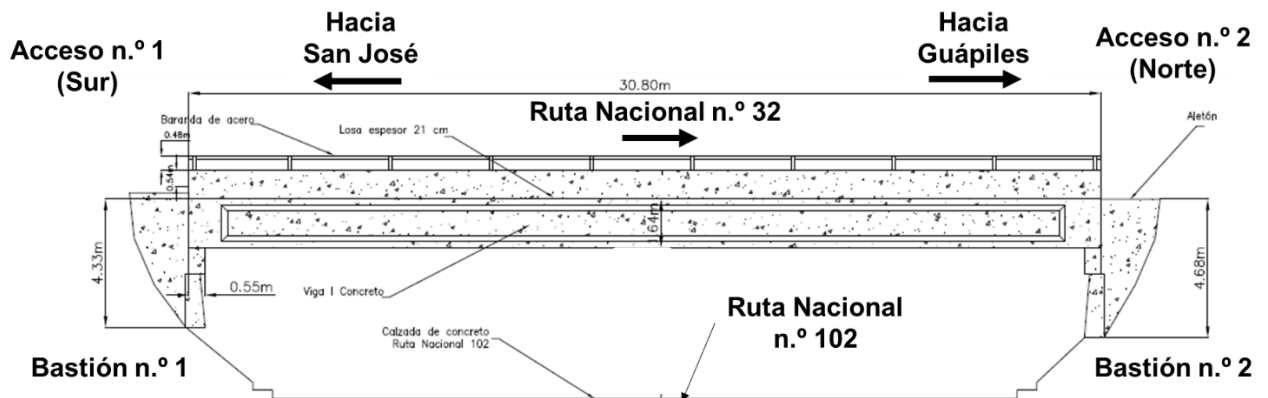
Figura 4.2. Vista a lo largo de la línea de centro del puente hacia Limón



Figura 4.3. Vista lateral del costado este del puente



(a) Vista en planta



(b) Vista en elevación

Figura 4.4. Identificación utilizada para el puente, la cual se modificó respecto a la que se utiliza en planos para hacer coincidir el orden de la numeración con el kilometraje de la carretera



5. PRINCIPALES OBSERVACIONES DE LA INSPECCIÓN ESPECIAL

5.1. Deficiencias en el elemento: Sistema de contención vehicular (puente), del componente: Seguridad vial.

En la Tabla 5.1 se presentan las deficiencias observadas en el elemento: Sistemas de contención vehicular (puente), del componente: Seguridad vial.

Tabla 5.1 Deficiencias identificadas en el elemento Sistema de contención vehicular (puente), del componente: Seguridad vial.

Elemento/s	Deficiencia o aspecto evaluado	Calificación de la condición debida a la deficiencia
Sistema de contención vehicular (puente)	Conexiones y anclajes	Regular (3)

Observaciones

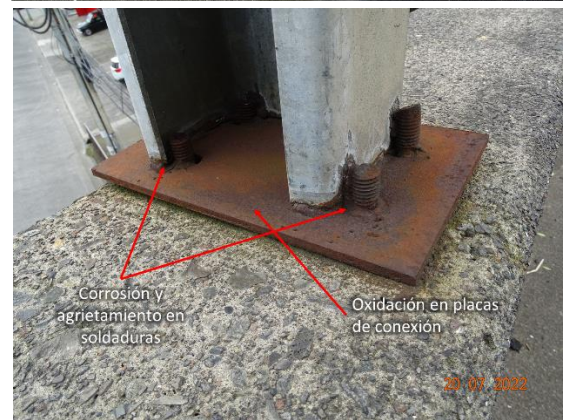
En el 100% del sistema de contención vehicular del puente se observaron grietas en las soldaduras y corrosión con pérdida de sección leve en las placas y pernos de las conexiones, además de tuercas faltantes.

El sistema de contención vehicular del puente es una barrera vehicular compuesta conformada por elementos de concreto reforzado en la mitad inferior y de acero galvanizado en la mitad superior. Sin embargo, el anclaje entre los elementos de acero y de concreto se realiza mediante conexiones, en apariencia, no probadas. Adicionalmente, a diferencia de los elementos horizontales de acero del sistema de contención vehicular, las placas y pernos utilizados en las conexiones no aparentan tener un sistema de protección contra la corrosión. Las deficiencias descritas en el sistema de contención vehicular podrían derivar en una deficiente capacidad para contener y redirigir vehículos que colisionen contra la barrera, dado que la velocidad de circulación de la carretera es de 80 km/h.

Sumado a lo anterior, se observaron conexiones de empalme del sistema que están en contra del sentido de circulación que podrían ocasionar incrustaciones del sistema en el habitáculo en caso de colisión.



Evidencia fotográfica





5.2. Deficiencias en el elemento: Señalización y demarcación, del componente: Seguridad vial.

En la Tabla 5.2 se presentan las deficiencias observadas el elemento: Señalización y demarcación, del componente: Seguridad vial.

Tabla 5.2 Deficiencias identificadas en el elemento Sistema de contención vehicular (puente), del componente: Seguridad vial.

Elemento/s	Deficiencia o aspecto evaluado	Calificación de la condición debida a la deficiencia
Señalización y demarcación	Señalización de altura	Deficiente (4)

Observaciones

En todo el ancho de la superestructura del puente, ubicada sobre el paso inferior de la Ruta Nacional n.º 102, se observan elementos principales impactados.

El puente no cuenta con rotulación de altura libre máxima. En sitio se midió una altura libre de 5,24 m, lo cual es mayor a 4,15 m (MOPT, 2003) pero menor a 5,50 m (SIECA, 2011).

De no colocarse una señalización de altura acorde con el formato requerido por la normativa vigente (SIECA, 2014), podrían seguir ocurriendo colisiones con la superestructura que podrían agravar la condición de esta.

Evidencia fotográfica





5.3. Deficiencias en el elemento: Tablero, del componente: Superestructura (Tablero).

En la Tabla 5.3 se presentan las deficiencias observadas en el elemento: Tablero, del componente: Superestructura (tablero).

Tabla 5.3 Deficiencias identificadas en el elemento: Tablero, del componente: Superestructura (tablero).

Elemento/s	Deficiencia o aspecto evaluado	Calificación de la condición debida a la deficiencia
Tablero	Grietas en dos direcciones	Deficiente (4)

Observaciones

En aproximadamente el 75 % de la cara superior del tablero de concreto reforzado se observaron grietas en dos direcciones con un espaciamiento aproximado menor a 0,3 m, mientras que en el restante 25 % se observaron grietas en dos direcciones con un espaciamiento aproximado entre 0,3 m y 0,9 m. En la cara inferior del tablero no se observó agrietamiento.

La mayoría de las grietas se encontraban selladas, sin embargo, se observó que aproximadamente el 10 % del tablero presenta grietas sin sellar.

Las grietas abiertas que se observaron durante la inspección podrían afectar la durabilidad del elemento.

Evidencia fotográfica





5.4. Deficiencias en el elemento: Vigas principales, del componente: Superestructura de vigas de concreto presforzado.

En la Tabla 5.4 se presentan las deficiencias observadas el elemento: Tablero, del componente: Superestructura de vigas de concreto presforzado.

Tabla 5.4 Deficiencias identificadas en el elemento: Vigas principales, del componente: Superestructura de vigas de concreto presforzado.

Elemento/s	Deficiencia o aspecto evaluado	Calificación de la condición debida a la deficiencia
Vigas principales	Impacto, desprendimiento, acero de presfuerzo expuesto	Alarmante (5)

Observaciones

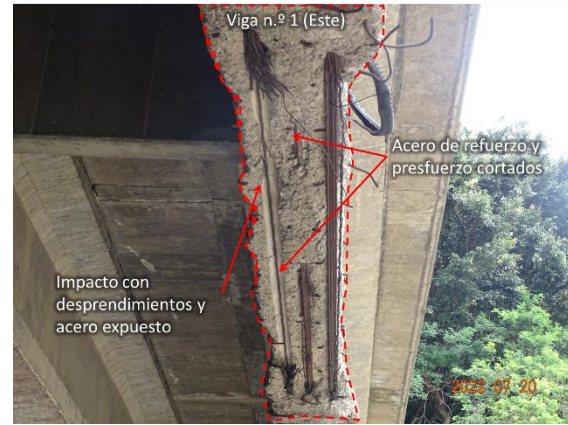
En aproximadamente el 5 % de las vigas concreto presforzado (6 vigas) se observaron daños por aparente impacto con afectación en el acero de refuerzo y presfuerzo, con severidad mayor en la viga del costado este del puente.

En los desprendimientos observados en la viga al extremo este del puente por impacto aparente se observó que el acero de presfuerzo expuesto se encuentra cortado en alrededor del 50 % del área original. Por tratarse de acero de presfuerzo que va de extremo a extremo de la viga y presentarse el daño hacia el centro del claro de esta, se considera que el 100% de la viga se encuentra afectada por la pérdida de presfuerzo.

De presentarse una reducción aún mayor del acero de presfuerzo, la reducción en la capacidad estructural de la viga podría poner en riesgo la integridad del puente.



Evidencia fotográfica





5.5. Deficiencias en el elemento: Cabezal de bastiones, del componente: Subestructura.

En la Tabla 5.5 se presentan las deficiencias observadas en el elemento: Cabezal de bastiones, del componente: Subestructura.

Tabla 5.5 Deficiencias identificadas en el elemento: Cabezal de bastiones, del componente: Subestructura.

Elemento/s	Deficiencia o aspecto evaluado	Calificación de la condición debida a la deficiencia
Cabezal del bastión n.º 1 y n.º 2	Desprendimientos, acero expuesto	Regular (3)

Observaciones

En aproximadamente el 5 % del cabezal del bastión n.º 1 y del bastión n.º 2 se observaron desprendimientos de concreto con acero de refuerzo expuesto y oxidado, pero sin pérdida de sección medible. Los desprendimientos se presentan en los pedestales para los apoyos del puente, específicamente en las esquinas de los pedestales (ver evidencia fotográfica de esta tabla). Se considera que pueden haber surgido durante movimientos horizontales de la superestructura, ya sea por impacto o por sismo.

Esta deficiencia podría propiciar el deterioro por corrosión del acero de refuerzo expuesto y de los pernos de anclaje del apoyo, los cuales también se encuentran expuestos. Adicionalmente, podría evitar el correcto funcionamiento de los apoyos en el puente (ver Tabla 5.6).

Evidencia fotográfica





5.6. Deficiencias en el elemento: Apoyos, del componente: Subestructura.

En la Tabla 5.6 se presentan las deficiencias observadas en el elemento: Apoyos, del componente: Subestructura.

Tabla 5.6 Deficiencias identificadas en el elemento: Apoyos, del componente: Subestructura.

Elemento/s	Deficiencia o aspecto evaluado	Calificación de la condición debida a la deficiencia
Apoyos	Placas, pernos de anclaje, topes	Regular (3)

Observaciones

En aproximadamente el 50 % de los apoyos del bastión n.º 1 y el 70 % de los apoyos del bastión n.º 2 se observaron pernos de acero sin recubrimiento de concreto en la zona superior del anclaje. Se observa también corrosión con pérdida de sección leve en la base del angular de conexión del apoyo (ver fotografías de esta tabla).

Los apoyos se encuentran, en apariencia, en su posición original; sin embargo, de no atenderse las deficiencias indicadas como las mostradas en la Tabla 5.5, los apoyos podrían comportarse de manera deficiente debido a la acción de cargas horizontales como sismo o impacto, siendo este elemento el único que existe para resistir la fuerza cortante .

Evidencia fotográfica





6. CONCLUSIONES

En la Tabla 6.1 se enlistan las distintas deficiencias por elemento que fueron identificadas a través de la *inspección especial* del puente sobre Ruta Nacional n.º 102 (A) en la Ruta Nacional n.º 32. Asimismo, se presenta la condición resultante del elemento (CE) debido a esas deficiencias.

Tabla 6.1. Elementos con deficiencias y condición resultante del elemento

Elemento	Deficiencia/s observadas	Calificación de la condición del elemento (CE)
Sistema de contención vehicular (puente) [30001]	Conexiones con elementos faltantes, soldaduras agrietadas y presencia de corrosión en las placas de conexión entre los elementos de concreto y acero, por lo que el sistema podría no contener vehículos ante un evento de colisión.	Regular (3)
Señalización y demarcación [30006]	Ausencia de señalización de altura con presencia de elementos impactados (altura libre medida en sitio de 5.24 m), lo que es evidencia de la necesidad de señalización ya que, de no atenderse, podrían seguir ocurriendo colisiones con la superestructura.	Deficiente (4)
Tablero [40001]	Grietas en dos direcciones selladas y sin sellar en la superficie superior del tablero, lo que podría afectar su durabilidad.	Deficiente (4)
Elementos principales [40201]	Impactos aparentes en los elementos principales de la superestructura, con desprendimientos de concreto y acero convencional y de presfuerzo expuesto y cortado, lo que podría afectar la integridad estructural del puente y la seguridad de los usuarios del mismo.	Alarmante (5)



Tabla 6.1. Elementos con deficiencias y condición resultante del elemento (cont.)

Elemento	Deficiencia/s observadas	Calificación de la condición del elemento (CE)
Cabezal de bastiones [50002]	Desprendimientos con acero expuesto y oxidado en el cabezal de ambos bastiones, específicamente en el pedestal para los apoyos que, de no atenderse, podría propiciar la corrosión del acero expuesto.	Regular (3)
Apoyos [50006]	Pernos de anclaje expuestos debajo de la placa de conexión de los apoyos, lo que podría afectar el comportamiento adecuado de los apoyos ante cargas horizontales.	Regular (3)



7. 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 deficiencias observadas. Las recomendaciones se dividen en acciones por realizar en el corto y mediano plazo por cada elemento evaluado, o se coloca “general” para recomendaciones que no están asociadas a un elemento del puente.

7.1. En el corto plazo:

Las recomendaciones por realizar en el corto plazo se incluyen en la Tabla 7.1.

Tabla 7.1. Recomendaciones y referencias bibliográficas de respaldo para la atención del puente en el corto plazo

Elemento	Recomendación	Referencias bibliográficas
Sistema de contención vehicular (puente) [30001]	<p>Programa de mejoramiento:</p> <p>Restaurar o reemplazar las placas base de conexión del sistema de contención vehicular de acero sobre el puente.</p>	Manual de Especificaciones Generales para la Conservación de Caminos, Carreteras y Puentes (MOPT, 2015) – Sección 603, relacionada con reparación parcial o reposición total de barandas en puentes.
Señalización y demarcación [30005]	<p>Programa de conservación:</p> <p>Instalar señalización de altura libre en el puente, según los lineamientos establecidos en SIECA, 2014.</p>	Manual Centroamericano de dispositivos uniformes para el control del tránsito (SIECA, 2014)



Tabla 7.1. Recomendaciones y referencias bibliográficas de respaldo para la atención del puente en el corto plazo (cont.)

Elemento	Recomendación	Referencias bibliográficas
Elementos principales [40201]	<p>Evaluación estructural:</p> <p>Realizar un análisis de la capacidad de carga de la superestructura del puente tomando en cuenta el área de acero de presfuerzo que se ha perdido en una de las vigas principales, con el fin de proponer soluciones al refuerzo perdido.</p>	<p>The Manual for Bridge Evaluation (AASHTO, 2018) – Sección 6, relacionada con las evaluaciones de capacidad de carga.</p>
	<p>En caso de que los resultados de la evaluación estructural lo requieran, se debe considerar el cierre del carril al extremo este del puente, el cual se encuentra justo encima de la viga principal más afectada por impacto aparente.</p>	
Tablero [40001]	<p>Programa de conservación</p> <p>Sellar las grietas ubicadas en la cara superior del tablero de concreto reforzado que se encuentran sin sellar.</p>	<p>Manual de Especificaciones Generales para la Conservación de Caminos, Carreteras y Puentes (MOPT, 2015) – Sección 606, relacionada con sellado de grietas en elementos de concreto en puentes.</p>



7.2. En el mediano plazo:

Las recomendaciones por realizar en el mediano plazo se incluyen en la Tabla 7.2.

Tabla 7.2. Recomendaciones y referencias bibliográficas de respaldo para la atención del puente en el mediano plazo

Elemento	Recomendación	Referencias bibliográficas
Elementos principales [40201]	Programa de mejoramiento: Diseñar e implementar la solución requerida, según la evaluación estructural realizada en el corto plazo, para recuperar la capacidad original de la superestructura del puente.	AASHTO (2020). AASHTO LRFD Bridge Design Specifications (9° ed.).
	Programa de conservación: Rellenar las zonas con desprendimientos de concreto en el cabezal de ambos bastiones del puente, de tal manera que se asegure el comportamiento adecuado de los apoyos ante efectos de cargas laterales. De ser necesario, aumentar el recubrimiento del perno de anclaje de los apoyos de manera que se evite la producción futura de desprendimientos.	Manual de Especificaciones Generales para la Conservación de Caminos, Carreteras y Puentes (MOPT, 2015) – Secciones 607 y 608, relacionadas con reparación de concreto.
Cabezal de bastiones [50002]	Programa de conservación: Limpiar las partes de los dispositivos de apoyo que presenten oxidación en la superficie de acero. Limpiar o reemplazar aquellas partes en las que exista corrosión con pérdida de sección.	Manual de Especificaciones Generales para la Conservación de Caminos, Carreteras y Puentes (MOPT, 2015) – Sección 610, mantenimiento de dispositivos de apoyo de puentes.
Apoyos [50006]		



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.



8. REFERENCIAS

1. AASHTO (2018). *The Manual for Bridge Evaluation. 3th Edition*. American Association of State Highway and Transportation Officials. Washington, D.C., USA.
2. AASHTO (2020). *AASHTO LRFD Bridge Design Specifications (9° ed.)*. Washington, D.C: American Association of State Highway and Transportation Officials.
3. 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.
4. CONAVI. (2021). Información del P.S.S.R.N. 102 (A) en Ruta Nacional n.º 32 – kilómetro 2,35. Sistema de Administración de Estructuras de Puentes (SAEP). Disponible en: https://saep.conavi.go.cr/SAEP_CONAVI_Web/
5. 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>.
6. MOPT. (2020). *Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes CR-2020*. San José: Ministerio de Obras Públicas y Transportes. Disponible en: <http://repositorio.mopt.go.cr:8080/xmlui/handle/123456789/4694>.
7. MOPT. (2020b). *Manual de Puentes de Costa Rica – 2020_MP-2020*. Documento no publicado. San José: Ministerio de Obras Públicas y Transportes.
8. MOPT (1974). *Paso de Ruta 102 Bajo Est. 97 + 647.81*. Versión: Planos finales de diseño / Versión n.º 1 [pdf]. Proyecto San José – Siquirres, San José – Puerto Viejo. Ministerio de Obras Públicas y Transportes, Bel – Edkel Ingenieros Consultores.
9. SIECA. (2014). *Manual Centroamericano de dispositivos uniformes para el control del tránsito*. Ciudad de Guatemala: Secretaría de Integración Económica de Centroamérica.



10. Valverde, G. (2011). *Manual SCV: Guía para el análisis y diseño de márgenes de carreteras*. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. Disponible en: <https://www.csv.go.cr/documents/20126/117370/Manual+SCV+%28Gu%C3%ADa+para+el+an%C3%A1lisis+y+dise%C3%B1o+de+seguridad+vial.pdf/ffb2d49f-bcd4-65ce-3be1-0a3d47b09dea?t=1559256817880>.



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

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

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



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

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