

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2019	Página 1/94	VERSIÓN 06

Programa de Ingeniería Estructural

Proyecto: LM-PIE-UP-P01-2019

EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PUENTE SOBRE EL RÍO PEÑAS BLANCAS RUTA NACIONAL No. 702

Preparado por:
Unidad de Puentes
LanammeUCR



San José, Costa Rica
Febrero, 2019

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2019	Página 2/94	VERSIÓN 06

Página intencionalmente dejada en blanco

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2019	Página 3/94

Información técnica del documento

1. Informe: LM-PIE-UP-P01-2019		2. Copia No. 1	
3. Título y subtítulo: EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PUENTE SOBRE EL RÍO PEÑAS BLANCASEN RUTA NACIONAL No.702		4. Fecha del Informe Febrero, 2019	
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 Ninguna			
7. Resumen <i>Este informe de evaluación de la condición del puente sobre el río Peñas Blancas, en la Ruta Nacional No. 702, es un producto del programa de inspecciones de la Unidad de Puentes del Programa de Ingeniería Estructural - LanammeUCR, para 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 8114. Según lo observado en el sitio la condición del puente se valoró como SERIA. Por lo tanto, con el propósito de contribuir a la atención de la estructura evaluada se realizan recomendaciones generales relacionadas con cada aspecto evaluado en este informe.</i>			
8. Palabras clave Puentes, Ruta Nacional No. 702, río Peñas Blancas, Evaluación de condición.		9. Nivel de seguridad: Ninguno	10. Núm. de páginas 94
11. Inspección e informe por: Ing. Pablo Agüero Barrantes Unidad de Puentes	12. Inspección y revisión por: Ing. Luis Guillermo Vargas Alas Unidad de Puentes	13. Revisado y aprobado por: Ing. Esteban Villalobos Vega Coordinador Unidad de Puentes	
14. Revisado y aprobado por: Ing. Rolando Castillo Barahona Coordinador Programa de Ingeniería Estructural	15. Revisado por: Lic. Miguel Chacón Alvarado Asesor Legal LanammeUCR		

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2019	Página 4/94	VERSIÓN 06

Página intencionalmente dejada en blanco

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2019	Página 5/94	VERSIÓN 06

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	7
2. OBJETIVOS	7
3. ALCANCE DEL INFORME	8
4. DESCRIPCIÓN.....	10
5. ESTADO DE CONSERVACION Y SEGURIDAD VIAL DEL PUENTE	14
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	43
7. REFERENCIAS.....	52
ANEXO A GLOSARIO.....	55
ANEXO B CRITERIOS PARA CLASIFICAR EL ESTADO DE CONSERVACIÓN DEL PUENTE.....	59
ANEXO C FORMULARIO DE INVENTARIO	67
ANEXO D COMPARACIÓN DE LA CONDICIÓN ACTUAL DEL PUENTE RESPECTO A LA REPORTADA EN INFORMES ANTERIORES	75
ANEXO E GUÍA PARA INTERVENCIÓN DE LA PROTECCIÓN CONTRA LA CORROSIÓN EN ELEMENTOS METÁLICOS	91

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2019	Página 6/94	VERSIÓN 06

Página intencionalmente dejada en blanco

Informe LM-PIE-UP-P01-2019	Febrero, 2019	Página 6 de 94
----------------------------	---------------	----------------

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2019	Página 7/94	VERSIÓN 06

1. INTRODUCCIÓN

Este informe de *evaluación* del puente sobre el río Peñas Blancas en la Ruta Nacional No.702 (Carretera Dr. Juan Guillermo Ortíz Guier), es un producto del programa de inspecciones de la Unidad de Puentes del Programa de Ingeniería Estructural - LanammeUCR, que tiene como objetivo evaluar la condición estructural y funcional de puentes ubicados a lo largo de la Red Vial Nacional a partir de su *inspección*, en el marco de las competencias asignadas mediante el artículo 6 de la Ley 8114. Las visitas de inspección del puente se realizaron los días 18 de setiembre y 3 de octubre del 2018. El primer día se realizó la inspección visual de los elementos a los que los inspectores tuvieron acceso sin la utilización de equipo especial. La visita del 3 de octubre del 2018 se realizó con la asistencia de un vehículo aéreo no tripulado (VANT) para tener acceso visual a zonas como las torres, silletas y cables principales. Se debe indicar que el LanammeUCR cuenta con un Certificado de operación no comercial de la Dirección General de Aviación Civil para evaluación de infraestructura.

2. OBJETIVOS

- a) Realizar el inventario del puente utilizando la información incluida en los planos de diseño originales y verificar la información durante la inspección visual realizada en sitio.
- b) Efectuar una inspección visual de todos los componentes estructurales y no estructurales para evaluar su condición estructural.
- c) Inspeccionar y evaluar la seguridad vial del puente para reducir el riesgo de accidentes de tránsito y disminuir su severidad.
- d) Proporcionar recomendaciones generales para mantenimiento y/o reparación.
- e) Brindar una calificación de la condición del puente basado en la evaluación de la condición de sus componentes.
- f) Comparar la condición actual del tablero de la superestructura 2 del puente con la condición reportada en informes de evaluación anteriores.

Informe LM-PIE-UP-P01-2019	Febrero, 2019	Página 7 de 94
----------------------------	---------------	----------------

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2019	Página 8/94	VERSIÓN 06

3. ALCANCE DEL INFORME

Este informe de *evaluación* de la condición estructural y funcional del puente se limita a presentar recomendaciones generales para mejoras, mantenimiento y reparación del puente, así como de estructuras o elementos conexos a éste, con base en observaciones realizadas en el sitio durante la *inspección* de la estructura y los elementos de seguridad vial.

Como resultado de la *evaluación* se le asigna una condición al puente, de acuerdo con una metodología desarrollada por la Unidad de Puentes, la cual, se describe en el informe LM-PI-UP-05-2015 (Muñoz-Barrantes, et al., 2015). En el Anexo B se puede consultar un diagrama de flujo que resume los criterios, la metodología utilizada y una tabla donde se explica el significado de cada condición.

Las dimensiones de los elementos del puente se pueden obtener de los planos de diseño, si es que esta información está disponible. Las dimensiones obtenidas de los planos se pueden utilizar como referencia para completar formularios de inventario del puente si se considera necesario, ya que en muchas ocasiones el inspector no tiene acceso físico y/o visual a algunos componentes del puente. Para este puente en particular solo se tuvo acceso a seis láminas de los planos de diseño de un total de 17: planta general (1/17), bastión No. 2 (5/17), superestructura No. 1 (7/17), detalles de superestructura No. 3 (9/17), torres de superestructura No. 2 (10/17) y detalles de cercha de superestructura No. 2 (15/17).

El puente fue inspeccionado anteriormente por la Unidad de Puentes en marzo del 2017 y se presentó el informe LM-UP-25-2017, donde se evidenció el deterioro en 13 de los 44 paneles que componen el tablero tipo rejilla metálica el cual fue reemplazado en el año 2007.

En el caso que se quisiera verificar la capacidad estructural o hidráulica del puente o la capacidad soportante del suelo, se recomienda realizar una evaluación estructural detallada complementada con ensayos no destructivos, un análisis hidrológico e hidráulico y un estudio geotécnico.

Se debe tener claro que el presente informe de *evaluación* de la condición presenta el estado de un solo puente perteneciente a una ruta en específico y a la Red Vial Nacional, y como tal su atención debe ser vista de forma integral en conjunto con las necesidades de los demás

Informe LM-PIE-UP-P01-2019	Febrero, 2019	Página 8 de 94
----------------------------	---------------	----------------

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2019	Página 9/94	VERSIÓN 06

puentes del inventario bajo un esquema de un sistema de gestión de puentes y no respondiendo solamente a un criterio de intervención de “el peor primero”.

Finalmente, en el Anexo A se incluye un glosario de términos importantes, los cuales son resaltados con letra cursiva en el cuerpo del informe para su identificación.

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2019	Página 10/94	VERSIÓN 06

4. DESCRIPCIÓN

Tabla A. Características básicas de ubicación del puente y de la ruta.

Ubicación	Provincia, Cantón, Distrito	Alajuela, San Carlos, La Tigrá
	Coordenadas (DMS) WGS84	10°21'5,34"N de latitud / 84°35'40,9"O de longitud
	Río que cruza	Río Peñas Blancas
Ruta Nacional en la que se ubica el puente	Número de ruta	702
	Tipo de ruta	Terciaria
	Sección de control	20880
TPD - Anuario de Tránsito (MOPT, 2015)	Total	3990
	Porcentaje de vehículos pesados	9,60 %
	Porcentaje de camiones de 5 ejes	0 %
	Año en que se realizó el conteo	2016

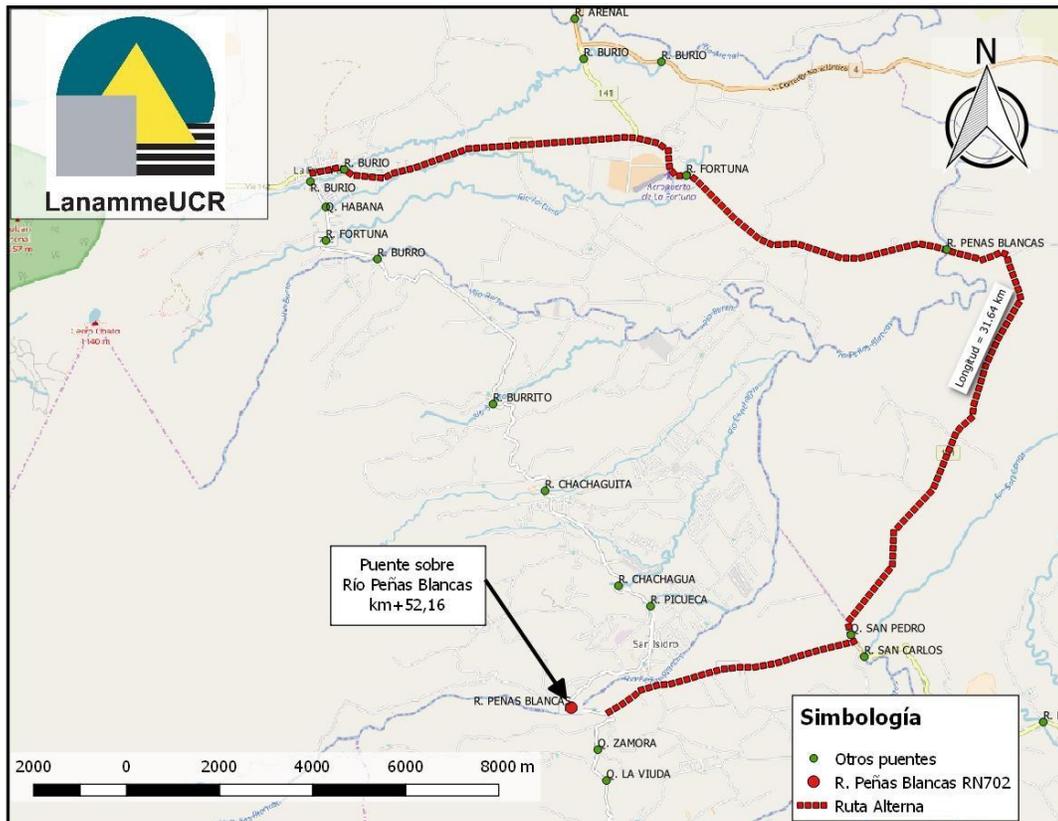


Figura A. Ubicación geográfica del puente y ruta alterna.
(Adaptado de Open Street Maps, 2017).

Informe LM-PIE-UP-P01-2019	Febrero, 2019	Página 10 de 94
----------------------------	---------------	-----------------

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN	Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2019	Página 11/94



Figura B. Vista a lo largo de la línea de centro (vista hacia La Tigra).



Figura C. Vista lateral (costado aguas abajo)

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN	
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2019	Página 13/94
		VERSIÓN 06

Tabla B. Características básicas del puente.

Geometría	Tipo de estructura	Puente
	Longitud total (m)	146,9
	Ancho total (m)	5,86 (máximo superestructura 1)
	Ancho de calzada (m)	4,1
	Número de tramos	3
	Alineación del puente	Curva (Superestructura 1) Recta (Superestructura 2 y 3)
	Número de carriles	1
Superestructura	Número de superestructuras	3
	Tipo de superestructura (elementos principales)	Superestructura 1, tipo viga con viga principal tipo cajón de concreto reforzado Superestructura 2, tipo colgante Superestructura 3, tipo viga con vigas principales tipo I de acero
	Tipo de tablero	Superestructuras 1y 3, losa de concreto reforzado Superestructura 2, rejilla metálica abierta
Apoyos	Tipo de apoyo en bastiones	Bastión 1: apoyo fijo Bastión 2: apoyo fijo (según planos)
	Tipo de apoyo en pilas	Pila 1: no hay información Pila 2: apoyo inicial no hay información, apoyo final móvil (según planos)
Subestructura	Número de elementos	4
	Tipo de bastiones	Bastiones 1 y 2, tipo marco de concreto reforzado
	Tipo de pilas	Pilas 1 y 2, tipo columna sencilla, de concreto reforzado
	Tipo de cimentación	Tipo placa en todos los casos (según planos)
Diseño y construcción	Año de diseño	1963, según planos
	Año de construcción	1966 La placa colocada en el puente indica "Administración Trejos 1966-1970" y las memorias del MOPT de la Administración Trejos indican como fecha de culminación 8 de julio de 1966
	Especificación de diseño original	AASHO 1961
	Carga viva de diseño original	H15-44 según planos y placa colocada en el puente
	Año de reforzamiento/rehabilitación	2007, se sustituyó el tablero de la superestructura 2, renovación de sistema de protección de pintura, reforzamiento localizado.
	Especificación utilizada para el reforzamiento/ rehabilitación	No hay información
	Carga viva de diseño utilizada para el reforzamiento/ rehabilitación	No hay información

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2019	Página 14/94	VERSIÓN 06

5. ESTADO DE CONSERVACION Y SEGURIDAD VIAL DEL PUENTE

Los resultados de la evaluación del puente se presentan en 5 áreas: (a) Seguridad vial, (b) Superficie de rodamiento, accesorios, accesos y otros (c) Superestructuras (d) Subestructura y (e) Elementos de protección sísmica e hidráulica. De esta manera, se describe la condición del puente de una manera simple y ordenada en las Tablas No.1 a No.7, las cuales se presentan a continuación.

En dichas tablas se presentan dos columnas llamadas RE y GD, las cuales corresponden, respectivamente, a la Relevancia Estructural (RE) y al Grado de Deficiencia (GD) para cada elemento del puente de acuerdo como se definen en el informe LM-PI-UP-05-2015 (Muñoz-Barrantes, et al., 2015) y en el Anexo B. El valor numérico de RE (varían entre 1 y 4) y se refiere a la importancia relativa del elemento respecto a todos los demás elementos en el sistema del puente. El valor numérico de GD (varían entre 0 y 3) y se refiere al estado de deterioro observado el día de la evaluación y se asigna de acuerdo con el componente más dañado que se observa en el respectivo elemento evaluado; sin embargo, la atención de la estructura se debe realizar haciendo un análisis integral de todos los deterioros detallados en la evaluación que se presenta en este informe. En las casillas correspondientes a RE y GD también podrían aparecer las siguientes expresiones: "NI" cuando el elemento no pudo ser inspeccionado por dificultades de acceso o "NA" cuando el elemento no se encontraba en el tipo de puente evaluado.

En el Anexo C se adjunta el formulario de inventario donde se incluyen las características básicas de la estructura. No se incluye el formulario de inspección rutinaria del puente en donde se evalúa el grado de daño de sus elementos según los requerimientos del programa informático SAEP administrado por el CONAVI, debido a que el mismo fue desarrollado para puentes tipo viga-losa, y se considera inadecuado forzar su uso a otras tipologías de puente.

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2019	Página 15/94	VERSIÓN 06

Tabla No. 1. Estado de conservación de la seguridad vial.

1.1. Sistema de contención vehicular del puente:	RE = 2	GD = 2
<p>La barrera vehicular del costado aguas abajo de la superestructura 1 presentaba evidencia de daño aparentemente por impacto vehicular, con desprendimiento del recubrimiento de concreto y exposición del acero de refuerzo (ver Figura 1.1(a)), y agrietamiento mayor que 1 mm de espesor (ver Figura 1.1(b)).</p> <p>Las barreras es muy probable que no cumplan con el nivel de contención vehicular establecido en la norma AASHTO LRFD (2017) en función del tipo de carretera, la velocidad y el tipo vehículos que circulan sobre la Ruta Nacional No. 702, debido a que fueron diseñadas con una normativa anterior a la publicación de los documentos: Reporte NCHRP 350 (1993) y MASH-2 (AASHTO, 2016). Incluso, según la Guía de Diseño de Márgenes de Carreteras (AASHTO, 2001), barreras diseñadas con normativa anterior a 1964 como en este caso, no cumplen con los propósitos primarios de contención definidos por AASHTO. La razón para recomendar el uso de normativa en su versión más reciente, es para poder brindar seguridad acorde con la demanda vehicular más actualizada posible de forma costo-efectiva.</p>		
	Figura 1.1(a)	Figura 1.1(b)
		
	Figura 1.1(c)	

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2019	Página 16/94	VERSIÓN 06

Tabla No. 1 (continuación). Estado de conservación de la seguridad vial.

1.1. Sistema de contención vehicular del puente (continuación):	RE = 2	GD = 2
<p>La superestructura 2 contaba con dos elementos metálicos esbeltos continuos conectados directamente a las cerchas por medio de soldadura de calidad cuestionable, que en conjunto con los bordillos de concreto longitudinal, funcionan como barrera vehicular, las cuales aparentan no cumplir con los niveles de contención vehicular establecidos por AASHTOLRFD (2017) y que por lo tanto no sólo no garantizan un nivel de seguridad adecuado para los usuarios, sino que además no protegen de impactos a los elementos estructurales de las cerchas. Los bordillos de seguridad de concreto tienen una altura (300 mm > 100 mm), que para vehículos a velocidades mayores a 65 km/h, podrían favorecer que los sobrepasen. Además, se observó que los elementos presentaban deformación permanente en algunas zonas (ver Figura 1.1 (c)).</p>		

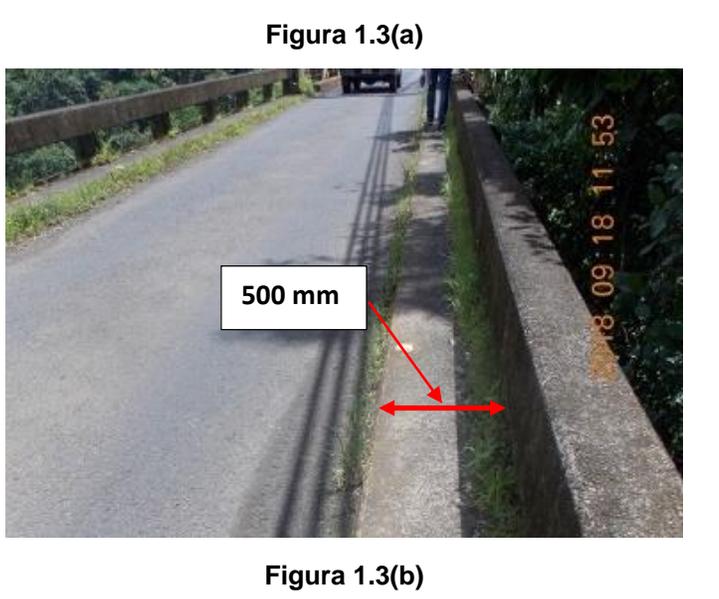
	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2019	Página 17/94	VERSIÓN 06

Tabla No. 1 (continuación). Estado de conservación de la seguridad vial.

1.2. Sistema de contención vehicular de los accesos:	RE = 1	GD = 2
<p>Los guardavías de ambos accesos no estaban conectados al parapeto rígido de las barreras vehiculares del puente (Zona encerrada en un círculo en la Figura 1.2(a)); además, la terminación observada en el otro extremo no presenta un abatimiento y una conexión con el terreno o algún dispositivo que garantice un adecuado desempeño del guardavías ante impacto (zona señalada con una flecha en la Figura 1.2(a)). La Figura 1.2(a) presenta el caso del acceso 1. En la Figura 1.4(a) se presenta el caso de acceso 2.</p> <p>En el caso del acceso 1 se observó que la longitud del guardavías del costado aguas abajo es insuficiente para reducir el riesgo de caída de vehículos, siendo que existe una diferencia importante de altura hasta el cauce del río en ese talud.</p> <p>En la Figura 1.2 (b) se presenta el caso del guardavías del acceso 2 que presentaba un daño aparentemente por impacto vehicular.</p> <p>El sistema de contención del acceso 2 no aparenta ofrecer suficiente protección para los cables principales y sus anclajes ante el impacto de un vehículo (ver Figura 1.4(b)).</p>		<p align="center">Figura 1.2(a)</p>
	<p align="center">Figura 1.2(b)</p>	

	<p>Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR</p>	<p>Código: RC-444</p>
	<p>INFORME DE EVALUACIÓN</p>	
<p>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2019</p>	<p>Página 18/94</p>	<p>VERSIÓN 06</p>

Tabla No. 1 (continuación). Estado de conservación de la seguridad vial.

<p>1.3. Aceras, ciclovías y sus accesos:</p>	<p>RE = 2</p>	<p>GD = 2</p>
<p>La superestructura 2 cuenta con una pasarela conectada a la cercha lateral aguas arriba, la cual presenta huecos con falla de las conexiones en la malla tipo expandida que funciona como tablero (ver Figura 1.3(a)). El ancho de la pasarela es de 900 mm el cual es menor al requerido por la ley 7600. Además, para acceder a la pasarela, los peatones tienen que ingresar a parte del ancho de calzada de la superestructura 2, lo cual representa un riesgo. Adicionalmente, la malla tipo ciclón de los laterales muestra señales de oxidación.</p>		
<p>Las superestructuras 1 y 3 cuentan con un bordillo de seguridad de 480 mm y 500 mm de ancho respectivamente que no cumple el ancho mínimo requerido por la ley 7600. En la Figura 1.3 (b) se presenta el caso de la superestructura 3.</p>		

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2019	Página 19/94 VERSIÓN 06

Tabla No. 1 (continuación). Estado de conservación de la seguridad vial.

1.4. Señalización (<i>captaluces, demarcación horizontal, delineadores verticales, marcadores de objeto, rótulos de identificación</i>):	RE = 1	GD = 2
<p>En el acceso 1 la visibilidad hacia el puente es limitada ya que la línea horizontal del “ceda el paso” se ubica detrás de la curva de dicho acceso. Además, existen rótulos y murales intercalados con la señalización vertical que representan un elemento distractor para los conductores (ver figura 1.4(a)).</p> <p>En la Figura 1.4 (b) se evidencia que no se contaba con marcadores de objeto frente a los guardavías del acceso 2.</p> <p>Adicionalmente, el puente no contaba con demarcación horizontal sobre la superficie de rodamiento en ninguna de las superestructuras ni en las zonas de los accesos. Si contaba con captaluces a todo lo largo, pero en algunos casos se encontraban cubiertos por sedimentos (Ver 2.2. Bordillos y sistema de drenaje del puente).</p> <p>El puente no contaba con rótulos de identificación en los accesos.</p>		
<p align="center">Figura 1.4(a)</p>		
<p align="center">Figura 1.4(b)</p>		

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2019	Página 20/94 VERSIÓN 06

Tabla No. 1 (continuación). Estado de conservación de la seguridad vial.

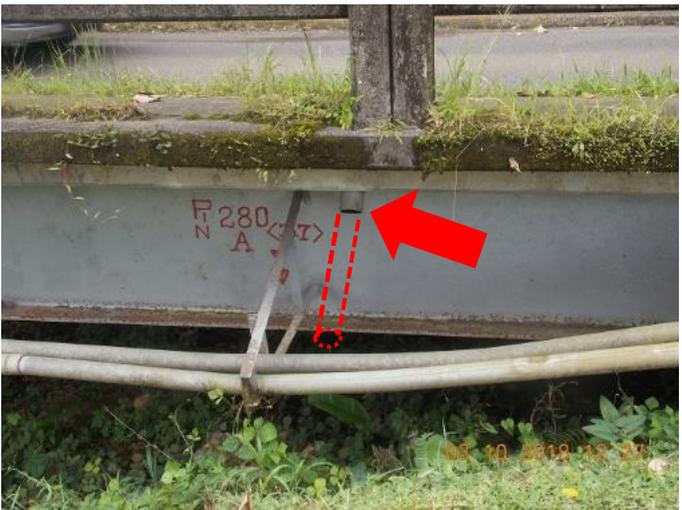
1.5. Iluminación:	RE = 1	GD = 0
<p>Tanto los accesos como las torres de la superestructura 2 cuentan con un sistema de iluminación (ver Figura 6.7(a)); sin embargo, no fue posible verificar su funcionamiento pues la inspección se hizo en condiciones de luz natural.</p> <p style="text-align: center;">No hay fotografía asociada</p>		

Tabla No. 2. Estado de conservación de la superficie de rodamiento, accesorios y accesos.

2.1. Superficie de rodamiento del puente:	RE = 1	GD = 1
<p>La superficie de rodamiento de las superestructuras 1 y 3 es una sobrecapa asfáltica colocada sobre el tablero, la cual presenta desgaste leve y desprendimiento de agregado fino. En el caso de la superestructura 1 se especifica en los planos constructivos una sobrecapa con un espesor equivalente de 38 mm. En la Figura 2.1(a) se presenta el caso de la superficie de rodamiento de la superestructura 3.</p>		
		
<p>Figura 2.1(a)</p>		

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN	
CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2019	Página 21/94	VERSIÓN 06

Tabla No. 2 (continuación). Estado de conservación de la superficie de rodamiento, accesorios y accesos.

2.2. Bordillos y sistema de drenaje del puente:	RE = 1	GD = 2
<p>Se observó acumulación de sedimentos y vegetación en los bordillos de las superestructuras 1 y 3 (ver Figura 2.2 (a)), lo que induce la obstrucción de los ductos de drenaje de dichas superestructuras y aumenta el riesgo de acumulación de agua sobre el puente e hidroplaneo de los vehículos que circulan sobre éste. Además, la acumulación de sedimentos y vegetación cubre algunos de los captaluces de las superestructuras 1 y 3.</p>		
<p>Los tubos de extensión de los drenajes de las superestructuras 1 y 3 no cumplen con la longitud requerida en el apartado 2.6.6.4 de las Especificaciones LRFD para diseño de puentes del AASHTO, aumentando el riesgo de deterioro debido a la descarga de agua sobre los elementos de la superestructura. Según este apartado, los tubos se deberían extender 100 mm por debajo de las vigas principales.</p>		

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN	
CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2019	Página 22/94	VERSIÓN 06

Tabla No. 2 (continuación). Estado de conservación de la superficie de rodamiento, accesorios y accesos.

2.3. Juntas de expansión:	RE = 1	GD = 3
<p>Las juntas de expansión ubicadas sobre los bastiones 1y 2 estaban totalmente obstruidas con asfalto, por lo que no se pudo determinar el nivel de conservación de las mismas al nivel del tablero de concreto; además; la obstrucción podría afectar su capacidad de movimiento. En la Figura 2.3(a) se muestra la obstrucción de la junta sobre el bastión 2, en donde se formó una grieta en el asfalto en la localización de la junta.</p> <p>Se observó evidencia de descarga de agua a través de las juntas de expansión hacia los bastiones, lo cual sucede a pesar de la obstrucción debido a la grieta que se forma en la superficie superior (ver Figura 2.3(a)), y podría indicar un problema de sello de la junta original, lo que induce acumulación de sedimentos y humedad que están en contacto con los apoyos y pueden acelerar su deterioro (ver 6.1 Apoyos en bastiones y pilas).</p> <p>En la junta sobre la pila 1 se observó un desnivel de aproximadamente 40 mm que provoca impactos cuando los vehículos ingresan a la superestructura 2 con dirección hacia el acceso 2, lo que induce vibraciones en dicha superestructura. Como transición se colocó longitudinalmente una sección de llanta, pero la misma ya ha fallado en un 30 % de la longitud y del restante 70 % más de la mitad se encuentra fuera de posición.</p>		
		
	<p>Figura 2.3(b)</p>	

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444	
	INFORME DE EVALUACIÓN	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2019	Página 23/94

Tabla No. 2 (continuación). Estado de conservación de la superficie de rodamiento, accesorios y accesos.

2.4. Superficie de rodamiento de los accesos:	RE = 1	GD = 1
<p>Se observó desgaste y desprendimiento de agregado en la superficie de rodamiento de ambos accesos en un nivel leve. El caso de acceso 2 se presenta en la Figura 2.4(a).</p>		
Figura 2.4(a)		
2.5. Rellenos de aproximación y taludes de accesos:	RE = 2	GD = 0
No se observaron daños.	No hay fotografía asociada	
2.6. Muros de retención de los accesos:	RE = 2	GD = NA
No se observaron daños.	No hay fotografía asociada	
2.7. Losa de aproximación:	RE = 2	GD = NA
No se tiene evidencia en las láminas disponibles de los planos constructivos de que el puente cuente con este elemento, ni se tuvo acceso visual.	No hay fotografía asociada	
2.8. Sistema de drenaje de los accesos:	RE = 1	GD = 1
El acceso 2 no contaba con un sistema de drenaje, lo que ha provocado que se acumule agua en este acceso cuando llueve, según manifestaron vecinos de la zona que fueron entrevistados.	No hay fotografía asociada	

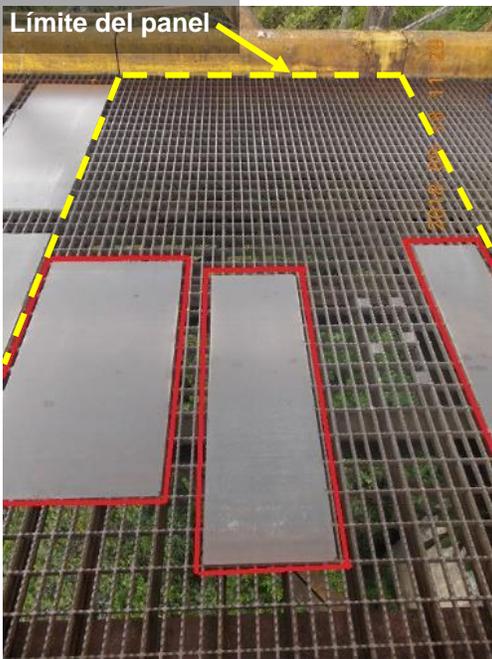
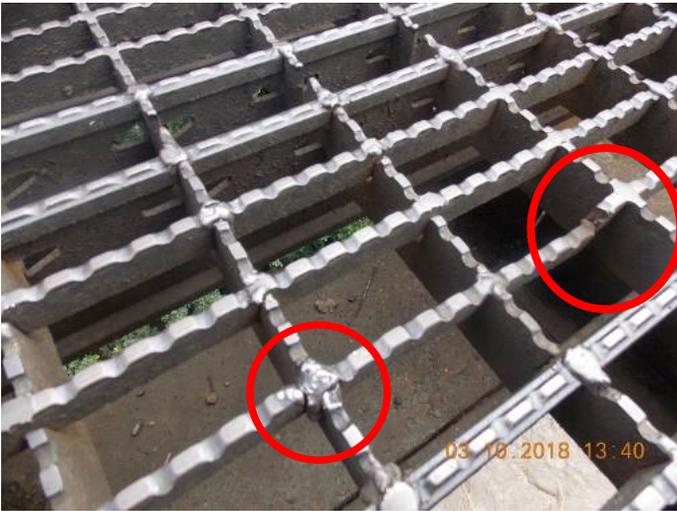
	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2019	Página 24/94	VERSIÓN 06

Tabla No. 3. Estado de conservación de la superestructura 1 de vigas de concreto.

3.1. Tablero (losa de concreto):	RE = 3	GD = NI
<p>La cara superior del tablero estaba cubierta por una sobrecapa de asfalto a la cual no fue posible determinarle el espesor. En el caso de la superestructura 1, se tiene información de los planos constructivos, de que se contempló en el diseño una sobrecapa de 38 mm de espesor.</p> <p>La cara inferior no es accesible visualmente por tratarse de una viga tipo cajón (ver la Figura 2.1(a)), y según lo indicado en planos y lo observado en sitio, no se le dejó un orificio de acceso.</p> <p style="text-align: center;">No hay fotografía asociada</p>		
3.2. Viga principal de concreto:	RE = 3	GD = 0
<p>No se observaron daños en la viga cajón.</p> <p style="text-align: center;">No hay fotografía asociada</p>		
3.3. Vigas diafragma:	RE = 2	GD = NI
<p>En los planos de diseño del puente se indican diafragmas internos, los cuales no son accesibles visualmente por tratarse de una viga tipo cajón a la cual no se le dejaron previstos ductos de acceso, por lo que no se pudo determinar su estado de conservación.</p> <p style="text-align: center;">No hay fotografía asociada</p>		

	<p>Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR</p>	<p>Código: RC-444</p>
	<p>INFORME DE EVALUACIÓN</p>	
<p>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2019</p>	<p>Página 25/94</p>	<p>VERSIÓN 06</p>

Tabla No. 4. Estado de conservación de la superestructura 2 tipo suspendida.

<p>4.1. <i>Tablero</i> (rejilla de acero):</p>	<p>RE = 3</p>	<p>GD = 2</p>
<p>Se le ha dado seguimiento al estado de conservación del tablero en abril del 2011, marzo del 2017 y setiembre del 2018. Es a partir de marzo de 2017 cuando ya se evidenciaba un deterioro acelerado del mismo, el cual ha continuado. La cantidad de paneles que han mostrado daño y/o presentan evidencia de intervención, ha aumentado de 36% a 48% con respecto al total de los 44 paneles originales, entre marzo del 2017 a setiembre del 2018, por lo que se nota como la gran mayoría ya han presentado fallas o han sido sustituidos para menos de 11 años de vida de servicio, cuando es de esperar que la vida útil de un tablero tipo rejilla abierta sea de 15 a 20 años bajo condiciones de tránsito pesado (BGFMA, 2017). En el Anexo D se presentan detalladamente las observaciones del estado de conservación del tablero tipo rejilla de acero.</p> <p>A manera de ejemplo, en la Figura 4.1(a) se presentan las intervenciones que se han estado implementando reiteradamente con lámina lisa de acero, en este caso en el panel 42, lo cual podría no ofrecer suficiente fricción a las llantas de los vehículos; lo anterior se agrava cuando la placa está mojada. Además, en el caso de motocicletas o bicicletas el riesgo de un derrape aumenta.</p> <p>En la Figura 4.1(b) se presenta un caso típico de inicio del deterioro del panel, donde en este caso falló el material de la rejilla en dos puntos. Una vez que las placas están sueltas, se sobrecargan otras secciones y se da una sucesión de fallas hasta que el daño es evidente y peligroso para el tránsito de vehículos.</p>		
		
<p>Figura 4.1(a)</p>		
		
<p>Figura 4.1(b)</p>		

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2019	Página 26/94	VERSIÓN 06

Tabla No. 4 (continuación). Estado de conservación de la superestructura 2 tipo suspendida.

4.1. Tablero (rejilla de acero) [continuación]:	RE = 3	GD = 2
<p>En la Figura 4.1(c) se evidencia la falla de la conexión soldada entre un panel del tablero y la viga de piso donde éste se apoya, la cual es una falla por fatiga posiblemente inducida por la mala calidad de la soldadura. Se observó un total de 3 casos de falla de la conexión soldada como el mencionado anteriormente. Lo anterior provoca movimiento vertical del panel 25 y ruidos debido al paso de vehículos, situación que puede generar una sensación de inseguridad en los usuarios del puente, y además podría indicar susceptibilidad de las demás conexiones a fallar.</p>		
Figura 4.1(c)		

	<p>Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR</p>	<p>Código: RC-444</p>
	<p>INFORME DE EVALUACIÓN</p>	
<p>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2019</p>	<p>Página 27/94</p>	<p>VERSIÓN 06</p>

Tabla No. 4 (continuación). Estado de conservación de la superestructura 2 tipo suspendida.

<p>4.2. Cables:</p>	<p>RE = 4</p>	<p>GD = 1</p>
<p>Se observó deterioro del sistema de pintura, puntos de oxidación leves y acumulación de moho sobre los cables.</p> <p>En la Figura 4.2(a) se evidencia el deterioro del sistema de protección de pintura lo que induce la formación de puntos de oxidación en los cables cerca del bloque de anclaje ubicado en el acostado aguas arriba cerca del acceso 2.</p>		
<p>Un caso similar al anterior se presenta en la Figura 4.2(b) junto al punto de altura máxima de la torre 2.</p>		
<p>En la figura 4.2(c) se presenta la acumulación de moho en los cables cerca del bloque de anclaje 1, situación inducida por la presencia de vegetación que acumula humedad.</p>		
<p>La vibración de la superestructura 2 es perceptible debido al paso de camiones.</p>	<p>Figura 4.2(b) Figura 4.2(c)</p>	

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2019	Página 28/94	VERSIÓN 06	

Tabla No. 4 (continuación). Estado de conservación de la superestructura 2 tipo suspendida

4.3. Tirantes ó péndolas:	RE = 4	GD = 1
<p>En general, se observó deterioro del sistema de protección de pintura y puntos de oxidación en el 100% de los anclajes de las péndolas, tanto a los cables principales como a la cercha, tal y como se puede apreciar en las Figuras 4.3(a) y 4.3(b).</p> <p>Se observó corrosión con pérdida de sección de componentes de algunos de los anclajes de las péndolas, principalmente las tuercas. El caso más crítico se da en la péndola central del cable ubicado aguas abajo: en las Figuras 4.3(a) y 4.3(b) se señalan con flechas tuercas con pérdida de sección severa en ese anclaje, y además, una de las dos barras roscadas mostradas en las figuras no está trabajando a tracción como debería, principalmente debido a la pérdida de sección de la tuerca, como se puede apreciar por comparación en la zona encerrada en un óvalo de la Figura 4.3(a), y por ende toda la transferencia de carga se realiza sólo a través de una barra.</p> <div data-bbox="743 569 1425 1077" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="998 1098 1161 1129">Figura 4.3(a)</p> <div data-bbox="743 1150 1425 1659" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="998 1680 1161 1711">Figura 4.3(b)</p>		

	<p>Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR</p>	<p>Código: RC-444</p>
	<p>INFORME DE EVALUACIÓN</p>	
<p>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2019</p>	<p>Página 29/94</p>	<p>VERSIÓN 06</p>

Tabla No. 4 (continuación). Estado de conservación de la superestructura 2 tipo suspendida

4.4. Cerchas rigidizadoras:	RE = 3	GD = 2
<p>Se observó deterioro generalizado del sistema de protección de pintura, oxidación de las alas y corrosión con pérdida de sección en el alma y remaches de la cuerda superior de las cerchas rigidizadoras. En la Figura 4.4(a) se presenta un detalle de la cuerda superior de la cercha del costado aguas abajo. En la Figura 4.4(c) se observa el caso de una conexión donde se ha corroído la cabeza los remaches.</p> <p>En la Figura 4.4(b) se presenta un daño puntual de un diagonal cerca de la pila 2 que presenta deformación permanente en una de sus alas.</p>	 <p data-bbox="824 1098 984 1129">Figura 4.4(a)</p>	 <p data-bbox="1203 1098 1365 1129">Figura 4.4(b)</p>
<p>Se observó de forma generalizada acumulación de sedimentos y humedad en las conexiones de la cuerda inferior de las cerchas rigidizadoras, en algunos casos con crecimiento de vegetación, como el caso evidenciado en la Figura 4.4(d) de la cercha aguas abajo cerca de la pila 1, lo cual ha provocado corrosión de los elementos y remaches.</p>	 <p data-bbox="883 1680 1045 1711">Figura 4.4(b)</p>	 <p data-bbox="1256 1680 1419 1711">Figura 4.4(c)</p>

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN	
CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2019	Página 30/94	VERSIÓN 06

Tabla No. 4 (continuación). Estado de conservación de la superestructura 2 tipo suspendida

4.5. Vigas de piso:	RE = 3	GD = 2
<p>Se observaron puntos de oxidación y corrosión dispersos por toda la superficie de las vigas de piso, tanto longitudinales como transversales, daño inducido por el deterioro del sistema de protección contra la corrosión. En la Figura 4.5(a) se presenta un ejemplo de la condición general de las vigas de piso. La rejilla abierta de acero permite el paso directo del agua y por lo tanto hace susceptible al deterioro a elementos como las vigas de piso.</p>		
<p>Se observó un desprendimiento de acero en el ala inferior de uno de los elementos de piso longitudinales en las cercanías del centro de la luz, probablemente debido a concentraciones de esfuerzo y por ende falla por fatiga debido a la vibración del puente (ver Figura 4.5(b)). Nótese de la Figura 4.5(b) como la soldadura se desprendió por completo en fragmentos.</p> <p>En al menos 2 conexiones más, se observaron grietas en las soldaduras (que son de mala calidad), que unen las vigas de piso a las vigas transversales (ver Figura 4.5(c)), lo cual podría indicar una tendencia de estas conexiones a fallar.</p>		

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN	
CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2019	Página 31/94	VERSIÓN 06

Tabla No. 4 (continuación). Estado de conservación de la superestructura 2 tipo suspendida

4.6. Vigas transversales:	RE = 3	GD = 1
<p>Se observó oxidación en la superficie de las vigas transversales y oxidación puntual localizada, ambos daños inducidos por el deterioro del sistema de protección contra la corrosión. En la Figura 4.6(a) se presenta un ejemplo de la condición general observada en los extremos de las vigas transversales y su conexión a la armadura rigidizadora, donde se observó oxidación generalizada en la cara superior de las alas superior e inferior. La rejilla abierta de acero permite el paso directo del agua y por lo tanto hace susceptible al deterioro a elementos como las vigas de transversales.</p>	 <p>Figura 4.6(a) Figura 4.6(b)</p>	
<p>En la Figura 4.6(b) se observa la condición típica de la cara inferior del ala inferior de las vigas transversales, donde hay oxidación generalizada en los extremos y bordes, y además puntos de oxidación dispersos en el resto de la longitud de la viga.</p>	 <p>Figura 4.6(c) Figura 4.6(d)</p>	
<p>En la Figura 4.6(c) se presenta un caso de corrosión puntual en el extremo de la viga, el cual es un caso agravado del deterioro presentado en la figura anterior.</p>		
<p>En el caso de la Figura 4.6(d) se observa que se da el crecimiento de vegetación sobre el ala inferior de la viga de piso, lo cual implica acumulación de sedimentos y humedad, lo cual aumenta el riesgo de deterioro.</p>		

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2019	Página 32/94	VERSIÓN 06

Tabla No. 4 (continuación). Estado de conservación de la superestructura 2 tipo suspendida

4.7. Silletas o monturas:	RE = 3	GD = 0
<div data-bbox="167 720 654 1035" data-label="Text"> <p>En la Figura 4.7(a) se presenta la condición típica observada en las silletas, donde se observa puntos de oxidación y deterioro del sistema de protección de pintura. El acceso visual a las silletas se dio mediante la utilización de un vehículo aéreo no tripulado (VANT) a través de la toma de fotografías.</p> </div> <div data-bbox="737 569 1425 1077" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="992 1096 1164 1131" data-label="Caption"> <p>Figura 4.7(a)</p> </div>		

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN	
CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2019	Página 33/94	VERSIÓN 06

Tabla No. 4 (continuación). Estado de conservación de la superestructura 2 tipo suspendida

4.8. Sistema de arriostramiento y conexiones:	RE = 2	GD = 1
<p>En la Figura 4.8(a) se observa la condición típica de los angulares que funcionan como sistema de arriostramiento, donde hay oxidación generalizada debido al deterioro del sistema de protección contra la corrosión. Las zonas donde se acumula más humedad presentan más oxidación, por ejemplo, las conexiones entre los angulares y la cercha rigidizadora.</p>		
<p>En el caso de la Figura 4.8(b), la cual se ubica en la proximidad de la pila 2, se observa que se da el crecimiento de vegetación sobre los angulares que componen el sistema de arriostramiento, lo cual implica acumulación de sedimento y humedad, lo cual aumenta el riesgo de los elementos a deteriorarse.</p>		

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2019	Página 34/94	VERSIÓN 06

Tabla No. 5. Estado de conservación de la superestructura 3 de vigas de acero.

5.1. Tablero (losa de concreto):	RE = 3	GD = 1
<p>La cara superior del tablero estaba cubierta por una sobrecapa de asfalto, por lo que no se tuvo acceso visual.</p> <p>En las láminas disponibles de los planos de diseño no se indica una sobrecapa de asfalto, sin embargo, en las láminas de la superestructura 1 está especificado, por lo que para el caso de la superestructura 3 es probable que una sobrecapa de 38 mm está contemplada en el diseño.</p> <p>Se observó agrietamiento en dos direcciones con un espesor mayor a 0,3 mm y separación mayor a 500 mm en la cara inferior del tablero de la superestructura 3 (ver Figura 5.1 (a)).</p>		
		
		Figura 5.1(a)

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN	
CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2019	Página 35/94	VERSIÓN 06

Tabla No. 5 (continuación). Estado de conservación de la superestructura 3 de vigas de acero.

5.2. Vigas principales de acero:	RE = 3	GD = 1
<p>Se observaron puntos de oxidación dispersos, principalmente en los bordes de las alas inferiores y en las zonas cerca de los apoyos (ver Figura 5.2 (a)), así como en ciertas zonas de la superficie superior de la parte externa del ala inferior de las vigas de los extremos (ver Figura 5.2 (b)).</p>		
		
Figura 5.2(a) Figura 5.2(b)		
5.3. Vigas diafragma de acero:	RE = 2	GD = 0
No se observaron daños.	No hay fotografía asociada	

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN	
CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2019	Página 36/94	VERSIÓN 06

Tabla No. 6. Estado de conservación de la subestructura.

6.1. Apoyos en bastiones y pilas:	RE = 3	GD = 2
<p>Debido al estado de las juntas de expansión (ver 2.3. Juntas de expansión) y al hecho de que por la geometría en la zona de los bastiones el agua descarga directamente en los extremos de las vigas cabezales, los apoyos sobre los bastiones estaban en contacto con humedad y sedimentos, lo que induce la corrosión de los elementos metálicos. En la Figura 6.1(a) se presenta el caso de un apoyo sobre el bastión 1, en donde se observó corrosión severa de los apoyos de los extremos y corrosión media del apoyo del centro. En la Figura 6.1(b) se observa uno de los apoyos ubicados sobre el bastión 2, en donde la corrosión estaba más localizada en la placa base, pero aun así es un daño severo.</p> <p>Debido a su esbelteza, los apoyos de las superestructuras 1 y 3 evidencian ser del tipo sísmicamente vulnerable según los criterios de la sección 4.2.1.1(a) del <i>Manual de Rehabilitación Sísmica FHWA</i> (FHWA, 2006).</p> <p>Los apoyos sobre las pilas que conectan las torres presentaban corrosión de los elementos metálicos, en algunos casos con pérdida de sección severa como el perno señalado con un círculo en la Figura 6.1(c).</p>		
		
<p>Figura 6.1(a) Figura 6.1(b)</p>		
		
<p>Figura 6.1(c)</p>		

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN	
CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2019	Página 37/94	VERSIÓN 06

Tabla No. 6 (continuación). Estado de conservación de la subestructura.

6.2. Bastiones:	RE = 3	GD = 0
<p>Debido al estado de las juntas de expansión (ver 2.3. Juntas de expansión) y al hecho de que por la geometría en la zona de los bastiones el agua descarga directamente en los extremos de las vigas cabezales, se da la acumulación de sedimentos y humedad en la zona lo que induce daño en los apoyos (ver 6.1. Apoyos en pilas y bastiones).</p> <p style="text-align: right;">No hay fotografía asociada</p>		
6.3. Aletones:	RE = 2	GD = 0
<p>No se observaron daños en los aletones de los bastiones.</p> <p style="text-align: right;">No hay fotografía asociada</p>		
6.4. Pilas (viga cabezal, cuerpo):	RE = 4	GD = 0
<p>Se observó crecimiento de vegetación sobre las pilas, lo que evidencia la acumulación de sedimentos y humedad constante sobre el martillo. La Figura 6.4(a) evidencia el caso de la pila 2, donde también se observa el crecimiento de musgo sobre la superficie de la pila, lo que puede acelerar el deterioro del concreto de dicho elemento.</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p style="text-align: center;">Figura 6.4(a)</p>		

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2019	Página 38/94	VERSIÓN 06

Tabla No. 6 (continuación). Estado de conservación de la subestructura.

6.5. Cimentaciones (pilas y bastiones):	RE = 4	GD = NI
No se tuvo acceso visual a las cimentaciones de las pilas y bastiones. No hay fotografía asociada		
6.6. Bloques de anclaje:	RE = 4	GD = 1
<p>No se tuvo acceso visual a los dos bloques de anclaje debido a que estos se encuentran enterrados.</p> <p>La única zona a la que se tuvo acceso visual fue a una parte de la viga del bloque de anclaje del acceso 1 ubicada aguas arriba, la cual estaba cubierta por musgo, situación que puede acelerar su deterioro (ver Figura 6.6(a)).</p> <div data-bbox="740 739 1419 1247" data-label="Image"> </div> <p style="text-align: center;">Figura 6.6(a)</p>		

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN	
CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2019	Página 39/94	VERSIÓN 06

Tabla No. 6 (continuación). Estado de conservación de la subestructura.

6.7. Conexión entre cables principales y bloques de anclaje:	RE = 4	GD = 1
<p>Se observaron zonas de corrosión en elementos metálicos de la conexión entre el bloque de anclaje y el cable principal. La Figura 6.6(b) es una vista inferior del anclaje de acero en donde se muestra la corrosión en las barras en "U" del sistema, para el caso del bloque de anclaje del acceso 1 aguas arriba.</p>		
<p>En el acceso 2 las dos conexiones entre las vigas y los cables del anclaje 2 se encuentran en contacto con el terreno por lo que no se tuvo acceso visual completo (ver Figura 6.7(b)). Tampoco se obtuvo acceso visual al bloque de anclaje del acceso 1 ubicado aguas abajo porque se encontraba cubierto por vegetación (ver Figura 6.7(c)).</p>		
<p>En los planos de diseño se indica que dichas conexiones no estarán en contacto con el terreno, condición que afecta la durabilidad negativamente porque los elementos de la conexión estarán en contacto permanente con tierra y constantemente con humedad. Adicionalmente, el hecho de estar parcialmente enterrados hace inviable su inspección visual.</p>	Figura 6.7(b)	Figura 6.7(c)

	<p>Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR</p>	<p>Código: RC-444</p>
	<p>INFORME DE EVALUACIÓN</p>	
<p>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2019</p>	<p>Página 40/94</p>	<p>VERSIÓN 06</p>

Tabla No. 6 (continuación). Estado de conservación de la subestructura

<p>6.8. Torres:</p>	<p>RE = 4</p>	<p>GD = 1</p>
<p>En la Figura 6.8(a) se observa la condición de la torre 2 la cual presenta oxidación generalizada debido al deterioro del sistema de protección contra la corrosión. El acceso visual se dio mediante la utilización de un vehículo aéreo no tripulado (VANT) a través de la toma de fotografías.</p>		
<p>En la Figura 6.8(b) se presenta el estado de conservación de los remaches de la torre sobre la pila 2, en algunos casos la cabeza se ha perdido parcialmente.</p>		

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN	Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2019	Página 41/94

Tabla No. 7. Estado de conservación de elementos de protección sísmica e hidráulica

7.1. Longitud de asiento en bastiones y pilas:	RE = 2	GD = 2
<p>Superestructura 1:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bastión 1: disponible 540 mm, requerida 480 mm. • Pila 1: disponible 450 mm; requerida 480 mm. <p>Superestructura 3:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pila 2: disponible 350 mm; requerida 460 mm. • Bastión 2: disponible 330 mm; requerida 460 mm. <p>No hay fotografía asociada</p> <p>En el caso de la superestructura 3 longitud de asiento es menor que el 80% de la requerida por AASHTO, lo que aumenta el riesgo de colapso de las superestructuras por pérdida de apoyo durante un evento sísmico. Lo anterior se agrava al considerar que los apoyos son sísmicamente vulnerables (ver 6.1. Apoyos en bastiones y pilas).</p>		
7.2. Dispositivos para prevención de colapso (llaves de corte, cadenas, anclajes, aislamientos sísmico):	RE = 2	GD = 3
<p>El puente no contaba con dispositivos para la prevención del colapso.</p> <p>No hay fotografía asociada</p>		

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2019	Página 42/94	VERSIÓN 06

Tabla No. 7 (continuación). Estado de conservación de elementos de protección sísmica e hidráulica

7.3. Protección de taludes de relleno de aproximación:	RE = 1	GD = 3
<p>El puente no cuenta con protección para los taludes del relleno de aproximación; sin embargo, se debe indicar que la mínima altura libre inferior de diseño del puente es de 20 m, y los taludes de los rellenos no interactúan con el río. No obstante, los taludes de los accesos pueden ser propensos a erosión por flujos de agua de escorrentía superficial.</p> <p style="text-align: center;">No hay fotografía asociada</p>		
7.4. Protección de taludes frente al bastión:	RE = 1	GD = 3
<p>El puente no cuenta con protección para los taludes ubicados frente a los bastiones, los cuales, aunque no interactúan con el río, son propensos a erosión por los flujos de agua de escorrentía superficial.</p> <p style="text-align: center;">No hay fotografía asociada</p>		
7.5. Protección de socavación en pilas:	RE = 1	GD = 3
<p>El puente no cuenta con protección contra la socavación de las pilas.</p> <p style="text-align: center;">No hay fotografía asociada</p>		
7.6. Cauce del río:	RE = 1	GD = 0
<p>No se observaron daños en el cauce del río. El mismo está controlado por el caudal de descarga del proyecto hidroeléctrico Peñas Blancas ubicado 1 km aguas arriba y que tiene 16 años en operación.</p> <p style="text-align: center;">No hay fotografía asociada</p>		

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2019	Página 43/94	VERSIÓN 06

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este informe se presentan las observaciones realizadas durante la evaluación visual de la condición del puente río Peñas Blancas ubicado en la Ruta Nacional No. 702 (Carretera Dr. Juan Guillermo Ortíz Guier). Las Tablas No. 1 a No. 8 resumen la condición de deterioro del puente.

Con base en lo observado y la metodología descrita en el ANEXO B, se concluye que el estado de conservación del puente es considerado como SERIA:

CATEGORÍA	CONDICIÓN	DESCRIPCIÓN	
		Integridad Estructural y Seguridad Vial	Necesidad de Atención
4	SERIA	<p>Puente estable, pero con deterioro significativo en uno o varios elementos estructurales primarios, o falla en secundarios. Si no se trata la proliferación del deterioro, este podría conducir a una situación inestable a futuro. Deficiencia en seguridad vial muy riesgosa para los usuarios</p>	<p><u>Atención pronta.</u> Se debe atender pronto el puente para detener la progresión del daño. Se debe atender una situación peligrosa en la seguridad vial de forma prioritaria incluyendo el señalamiento de la situación vial riesgosa</p>

La calificación anterior se brinda por las siguientes razones:

- a. Deterioro de los elementos metálicos de la superestructura 2:
 - a.1. Puntos de oxidación en los cables principales.
 - a.2. Oxidación generalizada en las péndolas y sus conexiones y corrosión con pérdida de sección de componentes de las conexiones de las péndolas.
 - a.3. Puntos de corrosión en las conexiones entre los cables principales y los bloques de anclaje.

Informe LM-PIE-UP-P01-2019	Febrero, 2019	Página 43 de 94
----------------------------	---------------	-----------------

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2019	Página 44/94	VERSIÓN 06

- a.4. Falla por fatiga en soldaduras del tablero a las vigas de piso y de las vigas de piso a las vigas transversales y falla en soldaduras de unión de los elementos que componen los paneles del tablero metálico.
- b. Los apoyos de las superestructuras 1 y 3 son del tipo sísmicamente vulnerable según los criterios de la FHWA. Además, en el caso de la superestructura 3 la longitud de asiento disponible para los apoyos es menor que la requerida por la norma AASHTO. Lo anterior se agrava debido a que el puente no cuenta con dispositivos de prevención del colapso.

Por lo tanto, con el propósito de contribuir a la atención de la estructura según las observaciones de las Tablas No.1 a No.7, se recomienda realizar las siguientes acciones en los elementos que fueron inspeccionados, especificando en donde aplique el *Manual de especificaciones generales para la conservación de carreteras, caminos y puentes MCV-2015* (MOPT, 2015) y el *Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes CR-2010* (MOPT, 2010):

Informe LM-PIE-UP-P01-2019	Febrero, 2019	Página 44 de 94
----------------------------	---------------	-----------------

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2019		Página 45/94

Tabla No. 8- Mantenimiento cíclico o programado (Ver Anexo A):

Nota: Se incluyen sólo las deficiencias observadas, pero se deben llevar a cabo las restantes tareas necesarias del programa de *mantenimiento cíclico* de los componentes del puente.

Elementos	Recomendaciones
1.4. Señalización. 1.5. Iluminación.	<p>Colocar marcadores de objeto en el acceso 2, a una distancia que no afecten la longitud de trabajo de los guardavías. Pintar las líneas de borde en las superestructuras 1 y 3.</p> <p>Debido a las condiciones del sitio (puente en curva, de un carril, con visibilidad limitada) se recomienda dar mantenimiento a toda la señalización e iluminación del puente.</p> <p>Se recomienda evaluar la necesidad de colocar material retroreflectivo adherido a la cara vertical del bordillo de la superestructura 2, lo anterior para mejorar las condiciones de visibilidad nocturna.</p>
2.2. Bordillos y sistema de drenaje del puente.	<p>Limpiar los bordillos y el sistema de drenaje de las superestructuras 1 y 3 para evitar obstrucciones que induzcan la acumulación de agua sobre los tableros.</p>
4.4. Cerchas rigidizadoras. 4.6. Vigas transversales. 4.8. Sistema de arriostamiento y conexiones. 6.2. Bastiones. 6.4. Pilas (viga cabeza, cuerpo). 6.6. Bloques de anclaje.	<p>Eliminar la acumulación de sedimento, la vegetación y el musgo de todos los elementos estructurales. La superestructura 2 tiene detalles que favorecen la acumulación de humedad y por lo tanto el deterioro del sistema de protección de pintura y posteriormente la corrosión, algunos de ellos críticos como las conexiones entre elementos, por lo que cíclicamente se recomienda limpiar y lavar. A diferencia de los tableros de concreto típicos, el tablero de rejilla metálica abierta no protege al sistema de piso y arriostre inferior de la superestructura 2 de la lluvia y de la acumulación de humedad y sedimento, por lo que el uso de este sistema de tablero implica que a estos componentes se les debe dar mantenimiento cíclico para evitar el avance del deterioro. Estas actividades deberían llevarse a cabo anualmente.</p>

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2019		Página 46/94

Tabla No. 9- Mantenimiento basado en la condición (Ver Anexo A):	
Elementos	Recomendaciones
4.3. Tirantes o péndolas	De forma prioritaria reparar la péndola central aguas abajo en donde una de las dos barras roscadas o tirantes no está trabajando a tensión.
1.1 Sistema de contención vehicular del puente. 1.2 Sistema de contención vehicular de los accesos.	<p>Reparar los tramos de los guardavías y de barrera de contención vehicular que presentan daño por aparente impacto.</p> <p>Revisar las longitudes, ángulos de esviaje y demás detalles de guardavías de acuerdo con el Manual SCV: Guía para el Análisis y Diseño de Seguridad Vial de Márgenes de Carretera (Valverde-González, 2011). Se debe prestar especial atención al detallado del guardavías del costado aguas abajo del acceso 1, el cual coincide con un desnivel importante hasta el cauce del río.</p> <p>Anclar los guardavías al pretil rígido de la barrera y brindar una terminación segura en los extremos según las recomendaciones del fabricante. Adicionalmente, colocar un sistema de contención vehicular en el acceso 2 que ofrezca suficiente protección contra el impacto vehicular para los cables principales y sus anclajes, desde el punto de vista de resistencia, longitud de trabajo y altura.</p>
1.3. Aceras, ciclovías y sus accesos.	Reparar el tablero de la pasarela peatonal de la superestructura 2.
1.4. Señalización.	Se recomienda una revisión detallada de la seguridad vial del puente y sus accesos para analizar los tiempos de espera en el “ceda el paso” y las condiciones de visibilidad tanto diurnas como nocturnas. Dicho análisis puede resultar en recomendaciones para cambiar la geometría de los accesos, entre otros.
2.2. Bordillos y sistema de drenaje del puente.	Colocar tubos de extensión a los ductos de drenaje de las superestructuras 1 y 3, en donde la longitud debe ser al menos la requerida en el apartado 2.6.6.4 de las Especificaciones LRFD para diseño de puentes del AASHTO 2017.

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444	
	INFORME DE EVALUACIÓN	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2019	Página 47/94

Tabla No. 9- (continuación) <i>Mantenimiento basado en la condición (Ver Anexo A):</i>	
Elementos	Recomendaciones
2.3. Juntas de expansión.	<p>Eliminar las obstrucciones con asfalto en las juntas de expansión de las superestructuras 1 y 3. La presencia de sobrecapas de asfalto que funcionen como superficie de rodamiento puede requerir de detalles como una junta asfáltica de puente (“asphaltic plug joint” como se le conoce en inglés). Evitar que en futuros trabajos de pavimentación del tramo de carretera se obstruyan las juntas.</p> <p>Sustituir los sellos de las juntas de expansión sobre los bastiones del puente. Considerar el movimiento por temperatura y cargas de servicio del puente en la elección del sistema de juntas y que el fabricante de la junta garantice que es impermeable o que posee un adecuado sistema de recolección de agua.</p>
2.8. Sistema de drenaje de los accesos.	<p>Evaluar la necesidad de proveer de un sistema de drenaje al acceso 2.</p>
4.1. Tablero (<u>rejilla de acero</u>).	<p>Eliminar las reparaciones con lámina lisa de acero pues pueden representar un riesgo para los usuarios, así como las reparaciones parciales por medio de soldadura; en lugar de ello, reponer el panel completo que presente daño.</p> <p>Debido a que las conexiones soldadas han estado mostrando falla sistemática de las conexiones terminando en la falla de una sección completa, se recomienda estar monitoreando la generación de deterioro desde su fase inicial, para reponer los paneles antes de que se vuelvan un riesgo para los usuarios.</p>
1.3. Aceras, ciclovías y sus accesos. 4.2. Cables. 4.3. Tirantes ó péndolas. 4.4. Cerchas rigidizadoras. 4.5. Vigas de piso. 4.6. Vigas transversales. 4.7. Silletas o monturas. 4.8. Sistema de arriostramiento y conexiones. 6.1. Apoyos en bastiones y pilas. 6.7. Torres.	<p>Dar mantenimiento al sistema de protección de pintura de los cables, péndolas, cerchas rigidizadoras, vigas de piso, vigas transversales, silletas, sistema de arriostramiento, conexiones y apoyos, en todos los casos acorde con el estado de conservación del elemento.</p> <p>La vida útil del sistema de protección de pintura a utilizar deberá ser determinado de acuerdo a las políticas de gestión de puentes de la Administración, de tal forma que permitan definir la mejor solución costo-efectiva, tomando en cuenta las tareas de conservación de la pintura en el ciclo de vida del puente. Se recomienda seguir la norma INTE/ISO 12944:2016 y el CR-2010 en lo que la complementa.</p>

Informe LM-PIE-UP-P01-2019	Febrero, 2019	Página 47 de 94
----------------------------	---------------	-----------------

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN	Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2019	Página 48/94

Tabla No. 9- (continuación) *Mantenimiento basado en la condición (Ver Anexo A):*

Elementos	Recomendaciones
1.3. Aceras, ciclovías y sus accesos. 4.2. Cables. 4.3. Tirantes ó péndolas. 4.4. Cerchas rigidizadoras. 4.5. Vigas de piso. 4.6. Vigas transversales. 4.7. Silletas o monturas. 4.8. Sistema de arriostramiento y conexiones. 6.1. Apoyos en bastiones y pilas. 6.7. Torres.	<p>En el Anexo F se presenta, a manera de referencia, un diagrama de flujo que presenta una guía con criterios para el mantenimiento del sistema de protección de pintura de elementos de acero (NHI, 2016). Aunque el porcentaje de corrosión sea menor al 10% en el elemento, se debe prestar especial atención a la severidad y a aquellas zonas que estructuralmente son más vulnerables a la pérdida de sección, como por ejemplo las conexiones.</p> <p>En el caso de los cables principales y las péndolas, se recomienda la selección de un sistema de pintura (capa base y acabado) que ofrezca flexibilidad para permitir la deformación de dichos elementos sin que esta se deteriore. El sistema de protección y la velocidad de aplicación deben elegirse en función de la viscosidad de la pintura, el espesor de la capa protectora y la temperatura. Por ejemplo, las péndolas del puente Innoshima en Japón (Sakai, K., et. al., 2012), fueron protegidas con una capa base de resina epóxica flexible de 110 μm y una capa de acabado de resina flexible de flúor de 25 μm, aplicadas con el método de pintado por inmersión (“dipping painting” en inglés) a una velocidad de un metro por minuto; toda esta combinación de método de aplicación (“dipping painting”) y materiales de pintura, debido a que concluyeron que era la más adecuada entre varias posibles opciones en el mercado, incluyendo la pintura con brocha.</p>
6.1. Apoyos en bastiones y pilas:	<p>Sustituir los componentes de los apoyos de las torres que presentan deterioro avanzado, por ejemplo, el perno y la tuerca de la conexión entre la pila y la torre presentada en la Figura 6.1(c). Además se recomienda, una revisión de todos los pernos y remaches de la estructura, para verificar que no presenten holguras o movimientos que puedan afectar el comportamiento de la estructura.</p>
7.3. Protección de taludes de relleno de aproximación. 7.4. Protección de taludes frente al bastión. 7.5. Protección de socavación en pilas.	<p>Evaluar la necesidad de proveer de protección a los taludes de los rellenos de aproximación, a los taludes ubicados frente a los bastiones y a las pilas; estas últimas interactúan con el río Peñas Blancas.</p>

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN	Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2019	Página 49/94

Tabla No. 10- Rehabilitación (Ver Anexo A):	
Elementos	Recomendaciones
1.1 Sistema de contención vehicular del puente.	<p>Evaluar si las barreras vehiculares existentes cumplen en resistencia, altura y geometría con los niveles de contención especificados en la Norma AASHTO LRFD 2017 para las características del tránsito del sitio del puente. Usar para ello como guía la Guía de Diseño de Márgenes de Carreteras (AASHTO, 2011), la Guía Recomendada para la Selección de Barreras de Contención de Puentes TL-2 hasta TL-4 (NCHRP, 2014), así como el Manual SCV: Guía para el Análisis y Diseño de Seguridad Vial de Márgenes de Carretera (Valverde-González, 2011). En cuanto a este último documento, en la Tabla III-11 de niveles de contención, se recomienda que para accidentes muy graves (puentes), velocidades mayores a 60 km/h, TPD mayor a 2000 y tránsito diario de vehículos pesados entre 500 y 2000, el nivel de contención sea equivalente a TL-4 o TL-5.</p> <p>En caso de no cumplir, proveer de barreras con un nivel adecuado de contención de acuerdo con las condiciones de la Ruta Nacional No. 702 y características geométricas del puente, y acordes con la Norma AASHTO LRFD 2017. La razón para recomendar el uso de normativa en su versión más reciente, es para poder brindar seguridad a los usuarios acorde con la demanda vehicular más actualizada posible.</p> <p>De acuerdo con la Guía de Diseño de Márgenes de Carreteras (AASHTO, 2011), para barreras diseñadas con normativa y criterios anteriores al AASHTO LRFD, es posible, por medio de un análisis de seguridad a los usuarios y costo-efectividad, mantener el sistema de contención actual, siempre y cuando se evalúe de manera estricta que durante su vida de servicio haya tenido un desempeño adecuado; si no existiera tal registro para hacer dicha evaluación, no se recomienda seguir esta opción. De este mismo análisis se puede determinar también si la readecuación se debe realizar en el corto plazo, o si aun no cumpliendo con la normativa, es posible esperar hasta la próxima rehabilitación del puente.</p> <p>Se debe tomar en cuenta de que la Guía de Diseño de Márgenes de Carreteras (AASHTO, 2011), recomienda de pleno reemplazar o sustituir barreras diseñadas con normativa anterior a 1964, como es este el caso, debido a que no cumplen con los propósitos primarios de contención definidos por AASHTO.</p>

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2019	Página 50/94	VERSIÓN 06

Tabla No. 10- (continuación) Rehabilitación (Ver Anexo A):

Elementos	Recomendaciones
1.3. Aceras, ciclovías y sus accesos.	Evaluar la necesidad de proveer aceras y pasarelas peatonales que cumplan la Ley 7600, la cual, entre otros requerimientos, exige un ancho mínimo de 1,2 m.
6.1. Apoyos en bastiones y pilas:	Sustituir los apoyos de las superestructuras 1 y 3, los cuales califican como sísmicamente vulnerables y cuyo estado de conservación evidencia corrosión severa en la base o en todo el dispositivo en general.
4.1. Tablero (rejilla de acero). 4.2. Cables. 5.1. Tablero (losa de concreto). 7.1. Longitud de asiento en bastiones y pilas. 7.2. Dispositivos para prevención de colapso. Componentes estructurales (superestructuras y subestructuras) del puente en general.	<p>No se tiene conocimiento de la vida útil con la que se diseñó la rehabilitación efectuada al puente en el 2007, cuando el puente tenía 41 años de vida de servicio, ni la carga de diseño utilizada para aumentar su capacidad con respecto a la carga H15-44 original; tampoco de si en dicho análisis y trabajos se incluyeron las superestructuras 1 y 3, lo cual no es totalmente evidente según lo observado en sitio, al menos no en el caso de los tableros de concreto.</p> <p>Actualmente, la condición es que 11 años después de esa rehabilitación, aproximadamente un 48 % de la rejilla metálica, utilizada para disminuir el peso de la superestructura 2 y así aumentar su capacidad de carga viva, ha evidenciado deficiencias y ha tenido que ser intervenida o sustituida (proceso de daño que empezó mínimo hace dos años), cuando una vida útil normal para este tipo de sistemas es de 15 a 25 años con tránsito pesado, lo cual implica que si no se determinan y atienden las causas de este deterioro, hay probabilidades de que la rejilla siga presentando problemas con frecuencia y así aumente los costos de conservación a lo largo del tiempo y la desconfianza de los usuarios. Adicionalmente, las longitudes de asiento de la superestructura 3 evidencian ser insuficientes y no existen dispositivos para prevención de colapso ante movimientos sísmicos longitudinales y transversales, y como se mencionó anteriormente, los apoyos son vulnerables sísmicamente, todo esto tomando en cuenta de que para el año 2007 de la rehabilitación aún no se contaba en el país con normativa sísmica en el área de puentes. Además, como se indicó previamente, el sistema de protección de pintura está deteriorado o ha fallado en ciertas zonas presentando corrosión severa localizada con pérdida de sección.</p>

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2019	Página 51/94	VERSIÓN 06

Tabla No. 10- (continuación) Rehabilitación (Ver Anexo A):	
Elementos	Recomendaciones
<p>4.1. <u>Tablero (rejilla de acero).</u></p> <p>4.2. <u>Cables.</u></p> <p>5.1. <u>Tablero (losa de concreto).</u></p> <p>7.1. <u>Longitud de asiento en bastiones y pilas.</u></p> <p>7.2. <u>Dispositivos para prevención de colapso.</u></p> <p>Componentes estructurales (superestructuras y subestructuras) del puente en general.</p>	<p>Por lo tanto, se recomienda volver a realizar una evaluación de capacidad estructural y sísmica del puente (incluyendo las 3 superestructuras y 4 subestructuras) con base en los requisitos de la especificación Manual para Evaluación de Puentes (AASHTO, 2018), los Lineamientos para Diseño Sismorresistente de Puentes (CFIA, 2013) y el Manual de Rehabilitación Sísmica FHWA (2006), para determinar las acciones de rehabilitación que se consideren necesarias, de acuerdo a una vida útil remanente adecuada.</p> <p>En caso de que se decida llevar a cabo una rehabilitación del puente, sería recomendable que como parte de las investigaciones para el diseño final, se lleve a cabo un estudio con ensayos no destructivos para determinar la condición e integridad interna no visible de los cables principales y las péndolas.</p>

Tabla No. 11- Sustitución (Ver Anexo A):	
Elementos	Recomendaciones
<p>Puente en general.</p>	<p>Como parte de las tareas de gestión de activos que debe llevar a cabo la Administración, se recomienda comparar en el ciclo de vida remanente de la estructura, el costo-efectividad de llevar a cabo una sustitución versus las otras opciones de acciones <i>basadas en la condición</i> y de <i>rehabilitación</i> del puente presentadas en las Tablas No. 9 y No. 10.</p> <p>La Administración deberá evaluar, dentro de las variables por analizar, el valor histórico y patrimonial, tanto local como nacional, del puente.</p> <p>Además, se debe tener en cuenta que el puente cuenta con un solo carril, aunque esto último se puede solventar con un puente paralelo, que de igual forma debe entrar en el análisis económico.</p>

Se asume que estas recomendaciones serán evaluadas por los profesionales que la Administración asigne como responsables de la conservación o 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.

Informe LM-PIE-UP-P01-2019	Febrero, 2019	Página 51 de 94
----------------------------	---------------	-----------------

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2019	Página 52/94	VERSIÓN 06

7. REFERENCIAS

1. AASHTO (2018). *The Manual for Bridge Evaluation. 3rd Edition*. American Association of State Highway and Transportation Officials. Washington, D.C., USA.
2. AASHTO (2011). *Roadside Design Guide. 4th Edition*. American Association of state Highway and Transportation Officials.
3. AASHTO (2016). *Manual for Assessing Safety Hardware*. American Association of State Highway and Transportation Officials. Washington, D.C., USA.
4. AASHTO (2017). *LRFD Bridge Design Specifications. 8th Edition*. American Association of State Highway and Transportation Officials. Washington, D.C., USA.
5. BGFMA (2017). *Comunicación personal*. Bridge Grid Flooring Manufacturers Association. Ohio, USA.
6. CFIA (2013). *Lineamientos para diseño sismorresistente de puentes*. Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos. Comisión Permanente de Estudio y Revisión del Código Sísmico de Costa Rica.
7. FHWA (2006). *Seismic Retrofitting Manual for Highway Structures: Part 1 - Bridges. Publication N° FHWA-HRT-06-032*. U.S. Department of Transportation. Federal Highway Administration. Virginia, USA.
8. MOPT (1963). Planos de diseño del puente sobre el río Peñas Blancas. Proyecto Carretera Javillos Chachagua. Departamento de Puentes, Dirección de Vialidad, Ministerio de Obras Públicas y Transportes.
9. FHWA (2016). *FHWA-NHI-130109A Bridge Management Fundamentals*. On line course.
10. 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.

Informe LM-PIE-UP-P01-2019	Febrero, 2019	Página 52 de 94
----------------------------	---------------	-----------------

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2019	Página 53/94	VERSIÓN 06

11. INTECO (2016). *INTE/ISO 12944:2016 Pinturas y Barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pintura protectores*. Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica.
12. MOPT (2010). *Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes CR-2010*. Ministerio de Obras Públicas y Transportes. San José, Costa Rica.
13. MOPT (2015a). *Anuario de Información de Transito 2015*. Secretaría de Planificación Sectorial. Proceso de Planificación Estratégica Multimodal de Servicios de Infraestructura y de Transporte. Ministerio de Obras Públicas y Transportes. San José, Costa Rica.
14. MOPT (2015b). *Manual de especificaciones generales para la conservación de carreteras, caminos y puentes MCV-2015*. Ministerio de Obras Públicas y Transportes. San José, Costa Rica.
15. Muñoz-Barrantes, J., Vargas-Alas, L. G., Vargas-Barrantes, S., Agüero-Barrantes, P., Villalobos-Vega, E., Barrantes-Jiménez, R., et al. (2015). *Actualización de los criterios para la evaluación visual de puentes LM-PI-UP-05-2015*. San José, Costa Rica: Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA), LanammeUCR.
16. NCHRP (1993). *Recommended Procedures for the Safety Performance Evaluation of Highway Features. NCHRP Report 350*. National Cooperative Highway Research Program. Transportation Research Board.
17. NCHRP (2014). *Final Report: Recommended Guidelines for the Selection of Test Levels 2 through 5 Bridge Railings. NCHRP 22-12(03) – Road Safe LLC*. National Cooperative Highway Research Program. Transportation Research Board.
18. Sakai, K., Kusuhara, S., Moriyama, A., Ogihara, K. (2012). *Maintenance Optimization of Suspendor Ropes of Suspension Bridges*. Bridge Maintenance, Safety, Management, Resilience and Sustainability. Edited by: Biondini & Frangopol. Taylor & Francis Group, London. ISBN 978-041562124-3.

Informe LM-PIE-UP-P01-2019	Febrero, 2019	Página 53 de 94
----------------------------	---------------	-----------------

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2019	Página 54/94	VERSIÓN 06

19. Valverde-González, G. (2011). *Manual SCV: Guía para el análisis y diseño de seguridad vial de márgenes de carretera*. Vicerrectoría de Investigación. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.
20. Zamora-Rojas, J., Jiménez-Romero, D., Acosta-Hernández, E., Castillo-Barahona, R., Rodríguez-Roblero, M. J., Quirós-Serrano, C. (2012). *Guía de evaluación de seguridad vial para puentes en Costa Rica*. Versión 02-2012. Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA), LanammeUCR. San José, Costa Rica.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2019	Página 55/94	VERSIÓN 06

ANEXO A

Glosario.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2019	Página 56/94	VERSIÓN 06

Página intencionalmente dejada en blanco

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2019	Página 57/94	VERSIÓN 06

- **Inspección:** Es el reconocimiento visual de todos los elementos estructurales y no estructurales del puente a los cuales se tiene acceso por parte de un ingeniero calificado con el fin de evaluar su condición el día de la visita al sitio.
- **Evaluación:** Es la determinación de la condición del puente a partir de las observaciones realizadas durante la inspección.
- **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).
- **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). Todas las actividades de *mantenimiento preventivo* en puentes, deberían poderse llevar a cabo por medio de los contratos de conservación por zonas del CONAVI.
- **Mantenimiento Cíclico o Programado:** Actividades realizadas en un intervalo preestablecido como parte de un programa continuo de intervención del puente o corredor vial, 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

Informe LM-PIE-UP-P01-2019	Febrero, 2019	Página 57 de 94
----------------------------	---------------	-----------------

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2019	Página 58/94	VERSIÓN 06

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).

- **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), y por lo tanto es probable que se requieran contratos específicos para llevarlos a cabo.

- **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).

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2019	Página 59/94	VERSIÓN 06

ANEXO B

Criterios para clasificar el estado de conservación del puente.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2019	Página 60/94	VERSIÓN 06

Página intencionalmente dejada en blanco

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2019	Página 61/94	VERSIÓN 06

La evaluación de la condición de un puente a partir de los deterioros observados en sus elementos se realiza de acuerdo con la metodología definida en el informe LM-PI-UP-05-2015. El proceso de evaluación se realiza para cada uno de los elementos del puente y posteriormente se asigna la condición al puente de acuerdo con el elemento más deteriorado.

El procedimiento de evaluación considera las siguientes variables:

- Grado de Deficiencia (GD):** Considera una serie de deficiencias que pueden ser causadas por efecto de las cargas que actúan sobre el puente, condiciones ambientales, defectos constructivos o defectos en el diseño del puente. Esta variable permite cuantificar la severidad y extensión de los deterioros observados en un elemento. Tiene los siguientes valores: 0 para deficiencias mínimas o nulas, 1 para deficiencias leves, 2 para deficiencias moderadas y 3 para deficiencias graves
- Relevancia Estructural (RE):** Esta variable considera la importancia relativa del elemento respecto a todos los demás elementos en el sistema del puente, tomando en cuenta incluso a los que no tienen una función estructural explícita. La RE se obtiene considerando la función del elemento dentro del flujo principal de las cargas gravitacionales del puente. También considera si la ausencia o falla del elemento implica la salida de operación del puente, y si la ausencia o falla del elemento implica un riesgo para la seguridad de vida de los usuarios del puente. La forma de obtener la RE es diferente si la función del elemento es de protección ante sismos o ante eventos hidrológicos como crecidas o inundaciones, considerando en este caso: la importancia operacional del puente, la frecuencia de los eventos extremos y la vida de servicio remanente del puente. La RE tiene valores enteros entre 1 y 4, de menor a mayor relevancia estructural respectivamente.

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2019	Página 62/94	VERSIÓN 06

- Factor de Consecuencia de Falla (FCF):** Esta variable considera los efectos de la falla de alguno de los elementos del puente en términos económicos, de pérdida de vidas o lesiones a los usuarios, y de la importancia del puente para el funcionamiento de la vía a la cual pertenece. El valor de la variable se determina tomando en cuenta el tipo de falla probable del puente como sistema ante la falla del elemento en evaluación, la importancia operacional y la Relevancia Estructural (RE) del elemento. Tiene distintos valores según el nivel de consecuencia obtenido para el elemento, los cuales, son 0,60; 0,80; 1,00 y 1,25 para los niveles de consecuencia 1, 2, 3 y 4 respectivamente.

Al combinar estas variables se obtiene la Condición Evaluada (CE) y la Condición Global del Puente (GP) las cuales se definen a continuación:

- Condición Evaluada (CE):** Esta variable representa la condición del elemento en evaluación. Se obtiene al combinar el GD, la RE y el FCF en la siguiente ecuación:

$$CE = \begin{cases} 1 & \text{si } GD = 0 \\ Entero\{[(FCF * RE) - 1] + GD\} \leq 6 & \text{si } GD \neq 0 \end{cases} \quad \text{Ecuación 1.}$$

Con esta ecuación se obtienen valores enteros entre 1 y 6. Cada uno de estos valores representa una condición para el elemento que se describe en la tabla A-1.

- Condición Global del Puente (CP):** Corresponde con el máximo valor de Condición Evaluada (CE) que se obtiene después de evaluar todos los elementos del puente. Al igual que la CE, tiene valores entre 1 y 6, los cuales corresponden a las condiciones descritas en la tabla A-1.

En el diagrama de flujo de la figura A-1 se esquematiza el proceso para obtener la Condición Evaluada (CE) de cada elemento del puente y la Condición Global del Puente (GP) a partir del Grado de Deficiencia (GD) observado en la evaluación realizada, tal como se define en el informe *Actualización de los criterios para la evaluación visual de puentes LM-PI-UP-05-2015* (Muñoz-Barrantes et al., 2015).

Informe LM-PIE-UP-P01-2019	Febrero, 2019	Página 62 de 94
----------------------------	---------------	-----------------

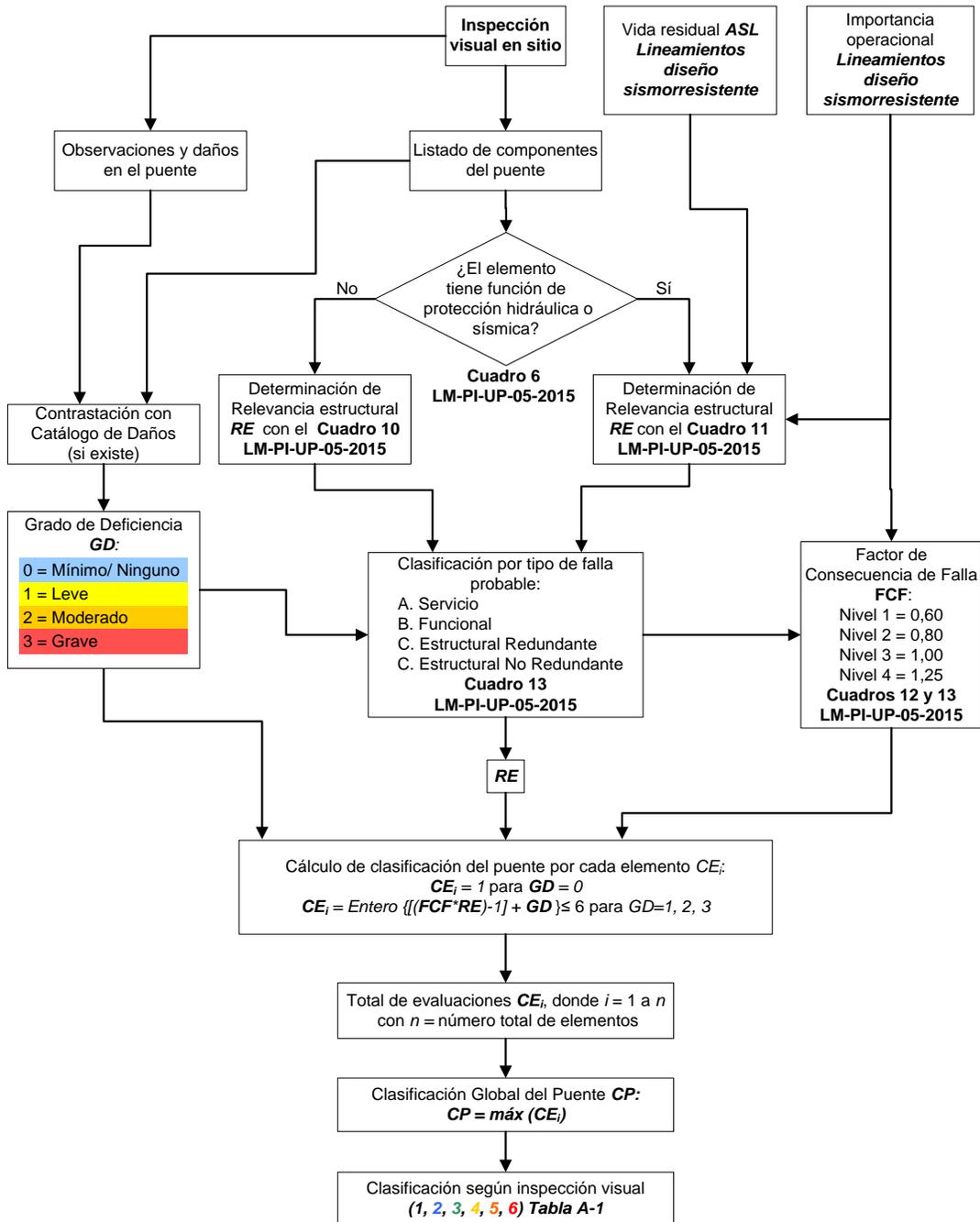


Figura B-1. Diagrama de flujo con metodología para calificar cualitativamente la condición del puente de acuerdo con informe LM-PI-UP-05-2015

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2019	Página 64/94	VERSIÓN 06

Tabla B-1. Descripción de los niveles de calificación cualitativa de la condición del puente de acuerdo con informe LM-PI-UP-05-2015

CATEGORÍA	CONDICIÓN	DESCRIPCIÓN	
		Integridad Estructural y Seguridad Vial	Necesidad de Atención
1	SATISFACTORIA	Estado bueno. Sin daño o daños son leves. La estabilidad estructural, seguridad vial y durabilidad están asegurados	Mantenimiento rutinario (Se asume que está programado para todos los puentes de la Red Vial Nacional)
2	REGULAR	Deterioros ligeros que deben ser tratados por aspectos de durabilidad o progresión del daño. Deficiencias en aspectos de seguridad vial	Reparaciones se programan en conjunto con el siguiente mantenimiento rutinario del puente
3	DEFICIENTE	Deficiencia importante pero los componentes del puente funcionan aún de forma adecuada. Daño o defecto en seguridad vial peligroso	Es necesario programar la reparación previo al próximo mantenimiento rutinario
4	SERIA	Puente estable, pero con deterioro significativo en uno o varios elementos estructurales primarios, o falla en secundarios. Si no se trata la proliferación del deterioro, este podría conducir a una situación inestable a futuro. Deficiencia en seguridad vial muy riesgosa para los usuarios	<u>Atención pronta.</u> Se debe atender pronto el puente para detener la progresión del daño. Se debe atender una situación peligrosa en la seguridad vial de forma prioritaria incluyendo el señalamiento de la situación vial riesgosa
5	ALARMANTE	Situación crítica. La estabilidad del puente puede estar comprometida en un periodo de tiempo corto gracias a la progresión del daño. Procurar reparación o tratamiento inmediato para asegurar estabilidad y evitar daños irreversibles en los elementos	<u>Atención prioritaria.</u> Se debe señalar la condición estructural peligrosa del puente y los trabajos de reparación son prioritarios. Evaluar la capacidad estructural residual del puente para juzgar si es necesario restringir la carga permitida
6	RIESGO INACEPTABLE o FALLA INMINENTE	Condición de deterioro inaceptable en puentes de importancia muy alta o situación de puente inestable con riesgo alto de colapso de la estructura. Daño severo en un elemento crítico o daños severos extendidos sobre varios elementos principales. Daño irreversible que posiblemente requiera el cambio del puente o la sustitución de elementos dañados	<u>Atención inmediata.</u> Cerrar el puente o restringir el paso de vehículos pesados (según criterio de la Administración). Evaluar necesidad de colocación de soportes temporales o un puente temporal. Estudio estructural del puente y propuesta de reparación o cambio del puente

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN	
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2019	Página 65/94
		VERSIÓN 06

	RC-451 Calificación de la condición del puente según la evaluación visual	Versión: 01 Página: 1/1					
	Nombre del puente y Ruta Río Peñas Blancas RN702	Importancia Operacional (LDSP 2013) Crítico					
Fecha Evaluación 03/10/2017	TPD (veh/día) 3990						
Año de construcción o diseño 1966	Vida de diseño según código (años) 50						
	DESCRIPCIÓN DE DAÑOS O TIPO DE FALLA						
	ELEMENTO	RE	GD	REFERENCIA A TABLA DE INFORME	FALLA	FCF	CE_i
SEGURIDAD VIAL	Barrera vehicular (puente)	2	2	Ver Tabla No. 1, Aspecto 1.1	B	0.8	3
	Barrera vehicular (accesos)	1	2	Ver Tabla No. 1, Aspecto 1.2	A	0.6	2
	Aceras	2	2	Ver Tabla No. 1, Aspecto 1.3	B	0.8	3
	Señalización Vial	1	2	Ver Tabla No. 1, Aspecto 1.4	A	0.6	2
	Rotulación Carga/Altura Máxima	1	3	Ver Tabla No. 1, Aspecto 1.4	A	0.6	3
	Iluminación	1	0	Ver Tabla No. 1, Aspecto 1.5	A	0.6	1
ACCESORIOS	Superficie de rodamiento (puente)	1	1	Ver Tabla No. 2, Aspecto 2.1	A	0.6	1
	Sistema de drenaje del puente	1	2	Ver Tabla No. 2, Aspecto 2.2	A	0.6	2
	Juntas de expansión	1	3	Ver Tabla No. 2, Aspecto 2.3	A	0.6	3
ACCESOS	Superficie de rodamiento (acceso)	1	1	Ver Tabla No. 2, Aspecto 2.4	A	0.6	1
	Relleno de aproximación	2	0	Ver Tabla No. 2, Aspecto 2.5	B	0.8	1
	Losa de aproximación	2	No Aplica	Ver Tabla No. 2, Aspecto 2.7	B	0.8	
	Muros de contención en accesos	2	No Aplica	Ver Tabla No. 2, Aspecto 2.6	B	0.8	
SUPERES-TRUCTURA TIPO VIGAS	Tablero	3	No Insp.	Ver Tabla No. 3, Aspecto 3.1	C	1	
	Vigas principales de concreto	3	0	Ver Tabla No. 3, Aspecto 3.2	C	1	1
	Vigas diafragma de concreto	2	No Insp.	Ver Tabla No. 3, Aspecto 3.3	B	0.8	
SUPERES-TRUCTURA TIPO VIGAS	Tablero	3	1	Ver Tabla No. 5, Aspecto 5.1	C	1	3
	Vigas principales de acero	3	1	Ver Tabla No. 5, Aspecto 5.2	C	1	3
	Vigas diafragma de acero	2	0	Ver Tabla No. 5, Aspecto 5.3	B	0.8	1
SUPERES-TRUCTURA TIPO COLGANTE/ATIRANTADA	Tablero	3	2	Ver Tabla No. 4, Aspecto 4.1	C	1	4
	Cables principales	4	1	Ver Tabla No. 4, Aspecto 4.2	D	1	4
	Tirantes o péndolas	4	1	Ver Tabla No. 4, Aspecto 4.3	B	1	4
	Anclajes	4	1	Ver Tabla No. 6, Aspecto 6.6	B	1	4
	Vigas/Armaduras rigidizadora	3	2	Ver Tabla No. 4, Aspecto 4.4	B	1	4
	Vigas transversales y largueros de piso	3	2	Ver Tabla No. 4, Aspecto 4.6	C	1	4
SUBESTRUCTURA	Apoyos	3	2	Ver Tabla No. 6, Aspecto 6.1	C	1	4
	Aletones	2	0	Ver Tabla No. 6, Aspecto 6.3	B	0.8	1
	Bastiones: Viga cabezal	3	0	Ver Tabla No. 6, Aspecto 6.2	C	1	1
	Bastiones: Cuerpo	3	0	Ver Tabla No. 6, Aspecto 6.2	C	1	1
	Bastiones: Cimentación	3	No Insp.	Ver Tabla No. 6, Aspecto 6.5	C	1	
	Pilas: Viga cabezal	3	0	Ver Tabla No. 6, Aspecto 6.4	C	1	1
	Pilas: Cuerpo tipo columna	4	0	Ver Tabla No. 6, Aspecto 6.4	D	1	1
	Pila: Cimentación	4	No Insp.	Ver Tabla No. 6, Aspecto 6.5	D	1	
ELEMENTOS DE PROTECCIÓN SÍSMICA	Longitud de asiento (pedestales)	2	2	Ver Tabla No. 7, Aspecto 7.1	C	1	3
	Llaves de corte	2	3	Ver Tabla No. 7, Aspecto 7.2	C	1	4
ELEMENTOS DE PROTECCIÓN	Cadenas/ anclajes/ postensión externa	2	3	Ver Tabla No. 7, Aspecto 7.2	C	1	4
	Dispositivos especiales	2	3	Ver Tabla No. 7, Aspecto 7.2	C	1	4
ELEMENTOS DE PROTECCIÓN	Protección de taludes de rellenos	1	1	Ver Tabla No. 7, Aspecto 7.3	C	1	1
	Escollera de protección	1	3	Ver Tabla No. 7, Aspecto 7.4	C	1	3
	Protección de socavación en pilas	1	3	Ver Tabla No. 7, Aspecto 7.5	C	1	3
							CP = 4 Condición Seria

Figura B-2. Metodología para evaluar la condición del puente

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2019	Página 66/94	VERSIÓN 06

Página intencionalmente dejada en blanco

Informe LM-PIE-UP-P01-2019	Febrero, 2019	Página 66 de 94
----------------------------	---------------	-----------------

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2019	Página 67/94	VERSIÓN 06

ANEXO C

Formulario de inventario

Informe LM-PIE-UP-P01-2019	Febrero, 2019	Página 67 de 94
----------------------------	---------------	-----------------

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2019	Página 68/94	VERSIÓN 06

Página intencionalmente dejada en blanco

Informe LM-PIE-UP-P01-2019	Febrero, 2019	Página 68 de 94
----------------------------	---------------	-----------------



INFORME DE EVALUACIÓN

CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2019

Página 69/94

VERSIÓN 06

NOMBRE DEL PUENTE		Río Peñas Blancas		PROVINCIA		Alajuela		ADMINISTRADO POR		Zona 6-2 Los Chiles-Gatuzo		DIA		MES		AÑO																																							
No. DE LA RUTA	CLASIFICACION	Terciaria		CANTON	San Carlos	LATITUD NORTE	10 ° 21 '	LATITUD OESTE	84 ° 35 '	FECHA DE DISEÑO	5.34 "	FECHA DE CONCLUSIÓN DE CONSTRUCCIÓN	8	7	1963	1966																																							
KILOMETRO		52.160 km		DISTRITO		La Tigra																																																	
<p>DIRECCION DE PUENTES INVENTARIO BASICO DE PUENTES</p>																																																							
<p>ELEMENTOS BASICOS</p> <table border="1"> <tr> <td>DIRECCION DE LA VIA HACIA</td> <td colspan="2">Chachagua</td> </tr> <tr> <td>TIPO DE ESTRUCTURA</td> <td colspan="2">Puente</td> </tr> <tr> <td>CARGA VIVA</td> <td colspan="2">H15-44</td> </tr> <tr> <td>LONGITUD TOTAL</td> <td colspan="2">146.90 m</td> </tr> <tr> <td>ESPECIFICACION</td> <td colspan="2">AASHO 1961</td> </tr> <tr> <td>No. DE SUPER ESTRUCTURA</td> <td colspan="2">3</td> </tr> <tr> <td>No. DE TRAMOS</td> <td colspan="2">3</td> </tr> <tr> <td>No. DE SUB ESTRUCTURA</td> <td colspan="2">4</td> </tr> <tr> <td>LONGITUD DE DRENO</td> <td colspan="2">31.64 km</td> </tr> <tr> <td>PENDIENTE LONGITUDINAL</td> <td colspan="2">2.7 %</td> </tr> <tr> <td>FECHA DE ULT. PINTURA</td> <td>DIA</td> <td>MES</td> <td>AÑO</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>2007</td> </tr> </table>																		DIRECCION DE LA VIA HACIA	Chachagua		TIPO DE ESTRUCTURA	Puente		CARGA VIVA	H15-44		LONGITUD TOTAL	146.90 m		ESPECIFICACION	AASHO 1961		No. DE SUPER ESTRUCTURA	3		No. DE TRAMOS	3		No. DE SUB ESTRUCTURA	4		LONGITUD DE DRENO	31.64 km		PENDIENTE LONGITUDINAL	2.7 %		FECHA DE ULT. PINTURA	DIA	MES	AÑO				2007
DIRECCION DE LA VIA HACIA	Chachagua																																																						
TIPO DE ESTRUCTURA	Puente																																																						
CARGA VIVA	H15-44																																																						
LONGITUD TOTAL	146.90 m																																																						
ESPECIFICACION	AASHO 1961																																																						
No. DE SUPER ESTRUCTURA	3																																																						
No. DE TRAMOS	3																																																						
No. DE SUB ESTRUCTURA	4																																																						
LONGITUD DE DRENO	31.64 km																																																						
PENDIENTE LONGITUDINAL	2.7 %																																																						
FECHA DE ULT. PINTURA	DIA	MES	AÑO																																																				
			2007																																																				
<p>ANCHO TOTAL 5.300 m CALZADA</p> <table border="1"> <tr> <td>ITEMS</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> <td>6</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>W (m)</td> <td>0.300</td> <td>0.480</td> <td>4.300</td> <td>0.000</td> <td>0.000</td> <td>0.480</td> <td>0.300</td> </tr> <tr> <td>H (m)</td> <td>0.000</td> <td>0.670</td> <td>0.240</td> <td>0.000</td> <td>0.240</td> <td>0.670</td> <td>0.000</td> </tr> </table>																		ITEMS	1	2	3	4	5	6	7	W (m)	0.300	0.480	4.300	0.000	0.000	0.480	0.300	H (m)	0.000	0.670	0.240	0.000	0.240	0.670	0.000														
ITEMS	1	2	3	4	5	6	7																																																
W (m)	0.300	0.480	4.300	0.000	0.000	0.480	0.300																																																
H (m)	0.000	0.670	0.240	0.000	0.240	0.670	0.000																																																
<p>CLARO LIBRE</p>																																																							
<p>ANTECEDENTES DE INSPECCION</p> <table border="1"> <tr> <th>ALTIMETRIA VERTICAL</th> <th>SUPERIOR</th> <th>INFERIOR</th> <th>W APROX</th> <th>TIPO DE INSPECCION</th> </tr> <tr> <td></td> <td>4.8 m</td> <td>26 m</td> <td></td> <td>Inspección de inventario</td> </tr> <tr> <td>DIA</td> <td>MES</td> <td>AÑO</td> <td>INSPECTOR</td> <td></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>10</td> <td>2018</td> <td>Pablo Agüero</td> <td>*</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>*</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>*</td> </tr> </table>																		ALTIMETRIA VERTICAL	SUPERIOR	INFERIOR	W APROX	TIPO DE INSPECCION		4.8 m	26 m		Inspección de inventario	DIA	MES	AÑO	INSPECTOR		3	10	2018	Pablo Agüero	*					*					*								
ALTIMETRIA VERTICAL	SUPERIOR	INFERIOR	W APROX	TIPO DE INSPECCION																																																			
	4.8 m	26 m		Inspección de inventario																																																			
DIA	MES	AÑO	INSPECTOR																																																				
3	10	2018	Pablo Agüero	*																																																			
				*																																																			
				*																																																			
<p>ANTECEDENTES DE REHABILITACION</p> <table border="1"> <tr> <th>ELEMENTOS</th> <th>AÑO</th> <th>RESUMEN DE CONTRAMEDIDAS</th> </tr> <tr> <td>Tablero superestructura 2 abierta</td> <td>2007</td> <td>Sustitución de tablero de concreto por rejilla metálica</td> </tr> <tr> <td>DIA</td> <td>MES</td> <td>AÑO</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>2007</td> </tr> </table>																		ELEMENTOS	AÑO	RESUMEN DE CONTRAMEDIDAS	Tablero superestructura 2 abierta	2007	Sustitución de tablero de concreto por rejilla metálica	DIA	MES	AÑO	1	1	2007																										
ELEMENTOS	AÑO	RESUMEN DE CONTRAMEDIDAS																																																					
Tablero superestructura 2 abierta	2007	Sustitución de tablero de concreto por rejilla metálica																																																					
DIA	MES	AÑO																																																					
1	1	2007																																																					
<p>SERVICIOS PUBLICOS</p> <table border="1"> <tr> <th>TIPO</th> <th>ESPEJOR</th> <th>ORIGINAL</th> <th>SOBRECAPA</th> <th>AÑO</th> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>0 mm</td> <td>90 mm</td> <td>2016</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>3,990 Car</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>9.60 %</td> </tr> </table>																		TIPO	ESPEJOR	ORIGINAL	SOBRECAPA	AÑO			0 mm	90 mm	2016					3,990 Car					9.60 %																		
TIPO	ESPEJOR	ORIGINAL	SOBRECAPA	AÑO																																																			
		0 mm	90 mm	2016																																																			
				3,990 Car																																																			
				9.60 %																																																			
<p>CRUZA SOBRE</p> <table border="1"> <tr> <td>1</td> <td>Río Peñas Blancas</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td></td> </tr> </table>																		1	Río Peñas Blancas	2																																			
1	Río Peñas Blancas																																																						
2																																																							
<p>PAVIMENTO</p> <table border="1"> <tr> <td>Asfalto</td> </tr> </table>																		Asfalto																																					
Asfalto																																																							
<p>CONTEO DE TRAFICO</p> <table border="1"> <tr> <td>Por Carga</td> <td>t</td> </tr> <tr> <td>Por Altura</td> <td>m</td> </tr> <tr> <td>Por Ancho</td> <td>m</td> </tr> </table>																		Por Carga	t	Por Altura	m	Por Ancho	m																																
Por Carga	t																																																						
Por Altura	m																																																						
Por Ancho	m																																																						
<p>RESTRICCIONES</p>																																																							
<p>UBICACION</p> <p>VISTA PANORAMICA</p> <p>OBSERVACIONES</p>																																																							



 DIRECCION DE PUENTES INVENTARIO BASICO DE PUENTES									
NOMBRE DEL PUENTE	Río Peñas Blancas		LOCALIDAD	PROVINCIA	Alajuela	Zona 6-2 Los Chiles-Guatemala			AÑO
	No. DE LA RUTA	CLASIFICACION				ADMINISTRADO POR	LATITUD NORTE	LONGITUD ORIENTE	
	702	Tercaria				10 °	21	5.34 "	1963
	52.160	km				84 °	35	40.9 "	1966
OBSERVACIONES DEL INVENTARIO BASICO									
<p>Información del puente</p> <ol style="list-style-type: none"> La ruta No. 702 se ubica en la Zona de conservación 6-2 Chiles Guatemala según los mapas de CONAVI. Se cuenta con siete láminas (de un total de 17) de los planos de diseño original con fecha de octubre de 1963. La fecha de construcción es tomada de la Memoria del MOPT del periodo 1966 – 1970. La sección de control fue determinada con base en el Anuario de Información de tránsito 2017 del MOPT (MOPT-01-06-21-001-2017). <p>Elementos básicos</p> <ol style="list-style-type: none"> No se tiene información de la carga de diseño de la rehabilitación del año 2007. La carga y especificación de diseño fue tomada de los planos originales de diseño. La ruta alterna se calcula con la ayuda de los mapas de Open Street Maps y las capas del SNTT. Si se viaja de Sur a Norte (sentido San Ramón a La Fortuna) la ruta alterna es regresar por la ruta No. 702 hasta la intersección con la ruta No. 738; tomar la ruta No. 738 hasta el poblado de Javillos en la intersección con la ruta No. 141, continuar por la ruta No. 141 hasta la comunidad de El Tanque en la intersección con la ruta No. 142, tomar la ruta 142 hasta la Fortuna en la intersección con la ruta No. 702. Si se viaja de Norte a Sur se toma la misma ruta a la inversa. Según los planos de diseño la pendiente longitudinal es de 2,7%. El puente tiene adosados tuberías de servicios públicos. El Tránsito promedio Diario se determinó con base en el Anuario de Información de tránsito 2017 del MOPT (MOPT-01-06-21-001-2017). La fecha de rehabilitación del puente se obtuvo de la página de internet del Contratista. Las dimensiones del camino de la superestructura 2 no concuerdan con el machote de la herramienta SAEP. Superestructura Los cables principales del puente se componen de tres cables individuales de 25 mm de diámetros cada uno. La distancia vertical de la flecha de la catenaria de los cables principales es de 10,17 metros, según los planos de diseño. La distancia vertical entre el punto más bajo del cable y el piso en el centro de la luz es de 2,87 metros, según los planos de diseño. La distancia vertical de la contraluz de las vigas transversales es de 0,68 metros, según los planos de diseño. La distancia horizontal entre el bloque de anclaje 1 y la torre 1 es de 3,222 metros, según los planos de diseño. La distancia horizontal entre el bloque de anclaje 2 y la torre 2 es de 4,722 metros, según los planos de diseño. La información del tipo de juntas fue determinada con base en los planos de diseño. El tipo de tablero de la superestructura 2 no concuerda con lo indicado en planos, ya que este fue sustituido de un tablero de concreto a un tablero metálico tipo rejilla abierta. Subestructura El largo reportado de pilas y bastiones corresponde a la base del elemento, ya que en todos los casos el elemento es de sección variable. No se dispone información de ancho de los elementos. El tipo de fundación y sus dimensiones fueron determinadas con base en los planos de diseño. El tipo de apoyo fue determinado con los planos de diseño. 									



 DIRECCION DE PUENTES INVENTARIO BASICO DE PUENTES (DETALLE DE SUPERESTRUCTURA)													
NOMBRE DEL PUENTE	Río Peñas Blancas		Alajuela		Zona 62 Los Chiles-Guatuso		ADMINISTRADO POR	FECHA DE DISEÑO	DIA	MES	AÑO		
	No. DE LA RUTA	CLASIFICACION	LOCALIDAD	PROVINCIA	CANTON	DISTRITO						LATITUD NORTE	LONGITUD OESTE
KILOMETRO	52.160 km		Tercera				10 ° 21 ' 5.34 "		84 ° 35 ' 40.9 "		FECHA DE CONCLUSION DE CONSTRUCCION		
No. DE ESTRUCTURA	No. DE TRAMOS	ALINEACION DE PLANTA		SUPERESTRUCTURA		TIPOS		LONGITUD TOTAL		TRAMO MAXIMO		No. DE PRINCIPALES	
		UBICACION INICIAL	UBICACION FINAL	MATERIALES	ESPESOR	TIPO DE PINTURA	AREA PINTADA	FECHA DE ULT. PINTURA	EMPRESA ENCARGADA				
S1	1	Curva	Concreto reforzado	Viga Simple	Cajón	18.84 m	18.84 m	1	1.22 m				
S2	1	Recta	Acero	Colgante	Otros	101.70 m	101.70 m	2	10.17 m				
S3	1	Recta	Acero	Viga Simple	Viga tipo 1	24.12 m	24.12 m	3	0.91 m				
No. DE ESTRUCTURA	TIPO DE JUNTAS DE EXPANSION		LOSA		CARACTERISTICAS DE PINTURA		FECHA DE ULT. PINTURA		EMPRESA ENCARGADA				
	UBICACION INICIAL	UBICACION FINAL	MATERIALES	ESPESOR	TIPO DE PINTURA	AREA PINTADA	DIA	MES	AÑO				
S1	Sellada	Placa deslizante de acero	Concreto	0.16 m	No aplica	NA m2				No aplica			
S2	Abierta	Abierta	Acero	0.025 m	No hay información	NI m2			2007	CODOCSA			
S3	Placa deslizante de acero	Sellada	Concreto	0.16 m	No hay información	NI m2			NI	No hay información			



NOMBRE DEL PUENTE		Río Peñas Blancas		LOCALIDAD		PROVINCIA		ADMINISTRADO POR		Zona C-2 Los Chiles-Gatuzo		DIA	MES	AÑO									
		No. DE LA RUTA	CLASIFICACION	Terciaría	CANTON	San Carlos	Alajuela	LATITUD NORTE	LONGITUD OESTE	10 °	21 '				5.34 "	FECHA DE DISEÑO							
KILOMETRO		52.160		km		DISTRITO		La Tigra		84 °		35 '		40.9 "		FECHA DE CONCLUSION DE CONSTRUCCION		8		7		1966	
BASTION • PILA															APOYO								
No. DE	MATERIALES	TIPO	ALTURA	FORMA	DIMENSIONES		TIPO DE	DIMENSIONES		TIPO DE	TIPO		ANCHO DE	ASIENTO									
					ANCHO	LARGO		ANCHO	LARGO		INICIAL	FINAL											
B1	Concreto	Marco	8.01 m	NA	NI m	1.20 m	Placa	4.84 m	3.35 m	No aplica	Apoyo fijo	No aplica	0.54	m									
P1	Concreto	Columna Sencilla	35.04 m	Rectangular	NI m	3.00 m	Placa	7.1 m	7.4 m	No aplica	Apoyo expansivo	Apoyo fijo	0.45	m									
P2	Concreto	Columna Sencilla	34.01 m	Rectangular	NI m	3.00 m	Placa	7.1 m	7.4 m	No aplica	Apoyo fijo	Apoyo expansivo	0.35	m									
B2	Concreto	Marco	9.50 m	NA	NI m	1.35 m	Placa	4.56 m	3.36 m	No aplica	No aplica	Apoyo fijo	0.33	m									



INFORME DE EVALUACIÓN

CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2019

Página 73/94

VERSIÓN 06

mopt
Dirección de Puentes y Pasarelas

**DIRECCION DE PUENTES
INVENTARIO BASICO DE PUENTES(FOTOS)**

NOMBRE DEL PUENTE	Río Peñas Blancas	LOCALIDAD		PROVINCIA	CANTON	DISTRITO	ADMINISTRADO POR			Zona 62 Los Chiles-Guatuzo	FECHA DE DISEÑO	FECHA DE CONCLUSIÓN DE CONSTRUCCIÓN	
		No. DE LA RUTA	KILOMETRO				CLASIFICACION	Terciaría	La Tigra				LATITUD NORTE
No.	1	UBICACION	Acceso 1		No.	2	UBICACION	Acceso 2			No.	3	UBICACION
NOTA		DIA MES AÑO	Foto a lo largo de la línea de centro		NOTA		DIA MES AÑO	Vista general			NOTA		DIA MES AÑO
No.	4	UBICACION	Sin rótulo de identificación		No.	5	UBICACION	Vistas del cauce del río			No.	6	UBICACION
NOTA		DIA MES AÑO	Vista lateral		NOTA		DIA MES AÑO	Vistas inferiores			NOTA		DIA MES AÑO
No.	3	UBICACION	Vistas del cauce del río		No.	3	UBICACION	Vistas inferiores			No.	3	UBICACION

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2019	Página 74/94	VERSIÓN 06

Página intencionalmente dejada en blanco

Informe LM-PIE-UP-P01-2019	Febrero, 2019	Página 74 de 94
----------------------------	---------------	-----------------

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2019	Página 75/94	VERSIÓN 06

ANEXO D

Comparación de la condición actual del puente respecto a la reportada en informes anteriores

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2019	Página 76/94	VERSIÓN 06

Página intencionalmente dejada en blanco

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2019		Página 77/94

En la nota-informe de inspección LM-UP-25-2017, entregada el 19 de abril del 2017, se reportó a la Administración el estado del tablero de la superestructura 2 del puente sobre el río Peñas Blancas en la Ruta Nacional No. 702. La inspección se realizó el 29 de marzo del 2017 y se observaron daños y reparaciones en 13 de los 44 paneles que conforman el tablero de la superestructura 2.

En la Tabla D1 se presenta de manera comparativa la actualización del estado de los paneles con respecto al reporte realizado en LM-UP-25-2017. En las figuras D.1 a D.15 se presenta el estado de los paneles que presentaban daño o reparaciones, tanto en la inspección del 29 de marzo del 2017 como en la del 18 de setiembre del 2018.

Tabla D1. Descripción del estado de los paneles de la superestructura 2 (1 de 2).

Panel	Estado 29/03/2017	Estado 18/09/2018
1	A, R2	R3
2	A, B, R1, R2	R1, R3
3	Sin daño observado	C
4	A, B, R2	R3
5	B, R2	R3
6	Sin daño observado	Sin daño observado
7	A, R1, R2	R1
8	Sin daño observado	Sin daño observado
9	B	Sin daño observado
10	Sin daño observado	Sin daño observado
11	Sin daño observado	Sin daño observado
12	A, B	R2, R3
13	Sin daño observado	Sin daño observado
14	Sin daño observado	Sin daño observado
15	Sin daño observado	Sin daño observado
16	Sin daño observado	Sin daño observado
17	Sin daño observado	Sin daño observado

Notas. A = Agujeros, B = elementos desprendidos, R1= reparación con rejilla discontinua y R2= reparación con placa lisa, R3= Reparaciones con placas de 50 x 50 mm; C= Grietas en conexiones soldadas.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2019	Página 78/94	VERSIÓN 06

Tabla No. D2. Descripción del estado de los paneles de la superestructura 2 (2 de 2).

Panel	Estado 29/03/2017	Estado 18/09/2018
18	Sin daño observado	Sin daño observado
19	Sin daño observado	Sin daño observado
20	Sin daño observado	C
21	Sin daño observado	Sin daño observado
22	Sin daño observado	Sin daño observado
23	Sin daño observado	Sin daño observado
24	Sin daño observado	Sin daño observado
25	Sin daño observado	C
26	Sin daño observado	Sin daño observado
27	Sin daño observado	R2
28	Sin daño observado	R2
29	Sin daño observado	Sin daño observado
30	Sin daño observado	Sin daño observado
31	Sin daño observado	Sin daño observado
32	A, R1, R2	R2, R3
33	A, B, R2	R2
34	B	Sin daño observado
35	B y movimiento vertical	Sin daño observado
36	Sin daño observado	Sin daño observado
37	Sin daño observado	Sin daño observado
38	Sin daño observado	Sin daño observado
39	A	R2
40	A, B	R2, R3
41	R2	R2
42	A, B, R2	R2, R3
43	Sin daño observado	Sin daño observado
44	A,R2	Sin daño observado

Notas. A = Agujeros, B = elementos desprendidos, R1= reparación con rejilla discontinua y R2= reparación con placa lisa, R3= Reparaciones con placas de 50 x 50 mm; C= Grietas en conexiones soldadas.

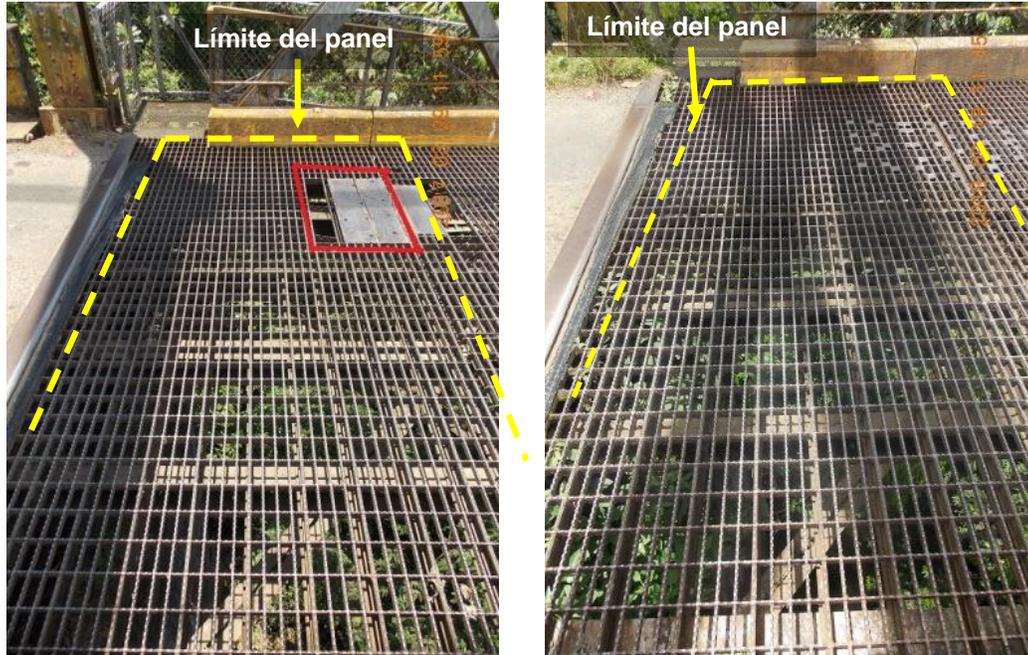


Figura D.1. Panel 1 (izquierda 29/03/2017, derecha 18/09/2018).

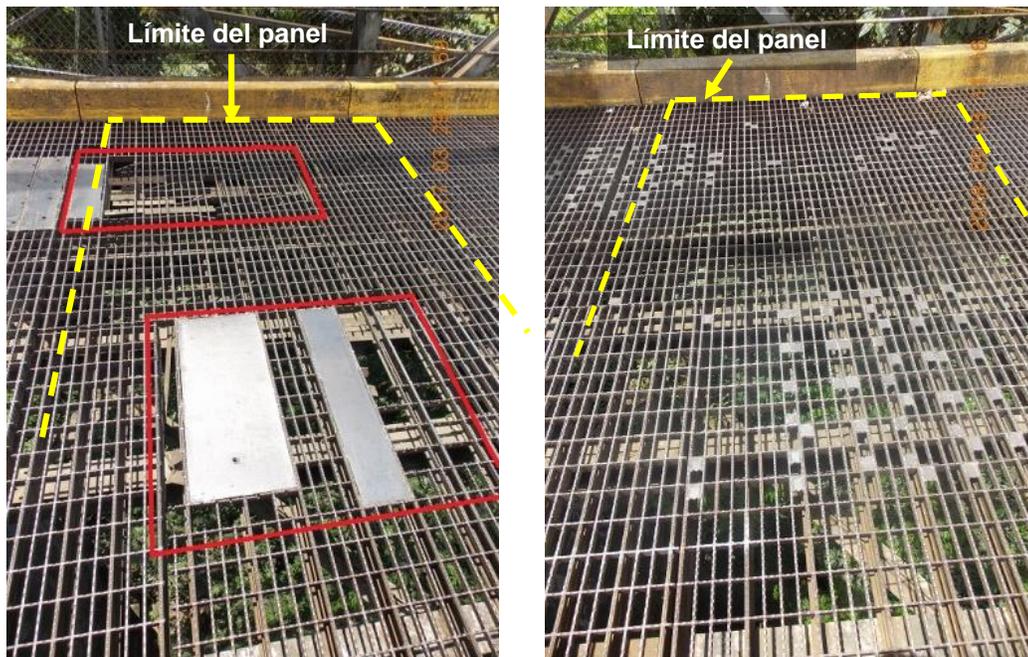


Figura D.2. Panel 2 (izquierda 29/03/2017, derecha 18/09/2018).

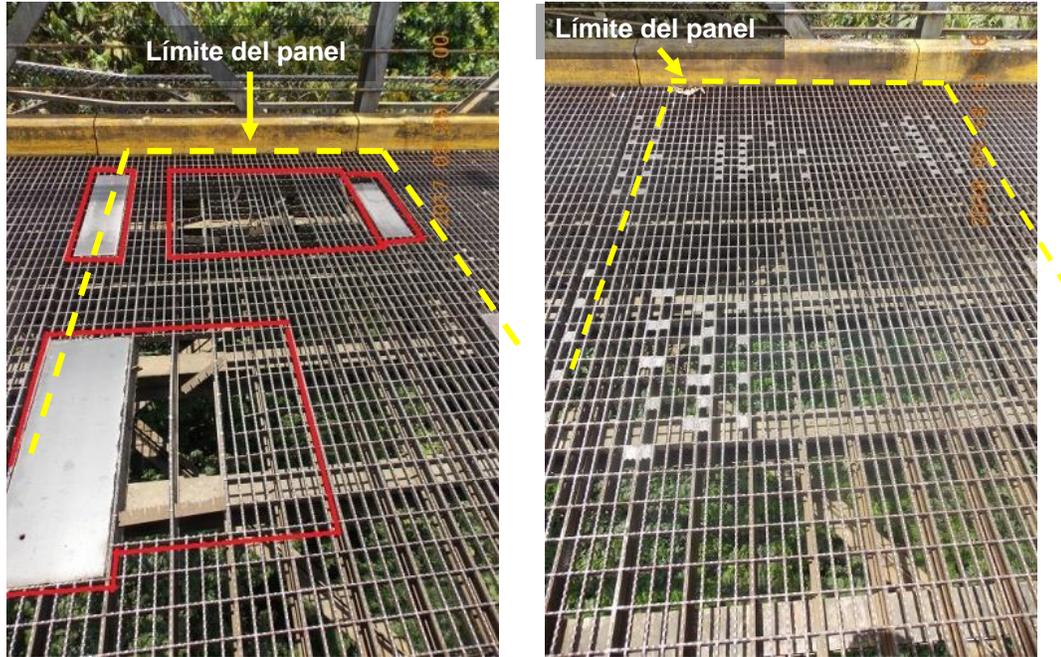


Figura D.3. Panel 4 (izquierda 29/03/2017, derecha 18/09/2018).

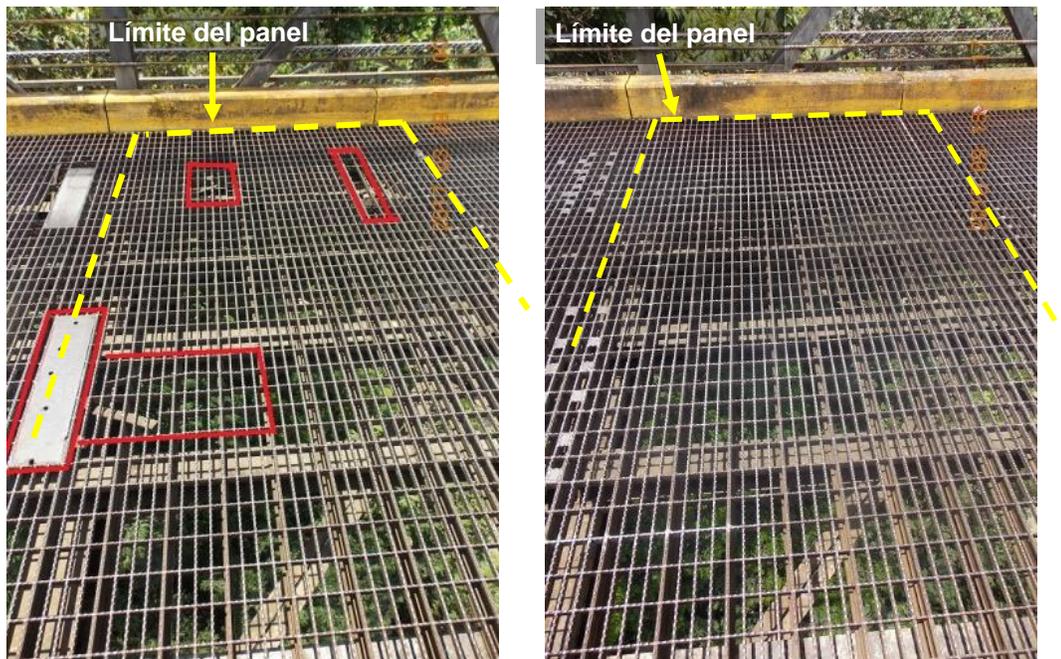


Figura D.4. Panel 5 (izquierda 29/03/2017, derecha 18/09/2018).

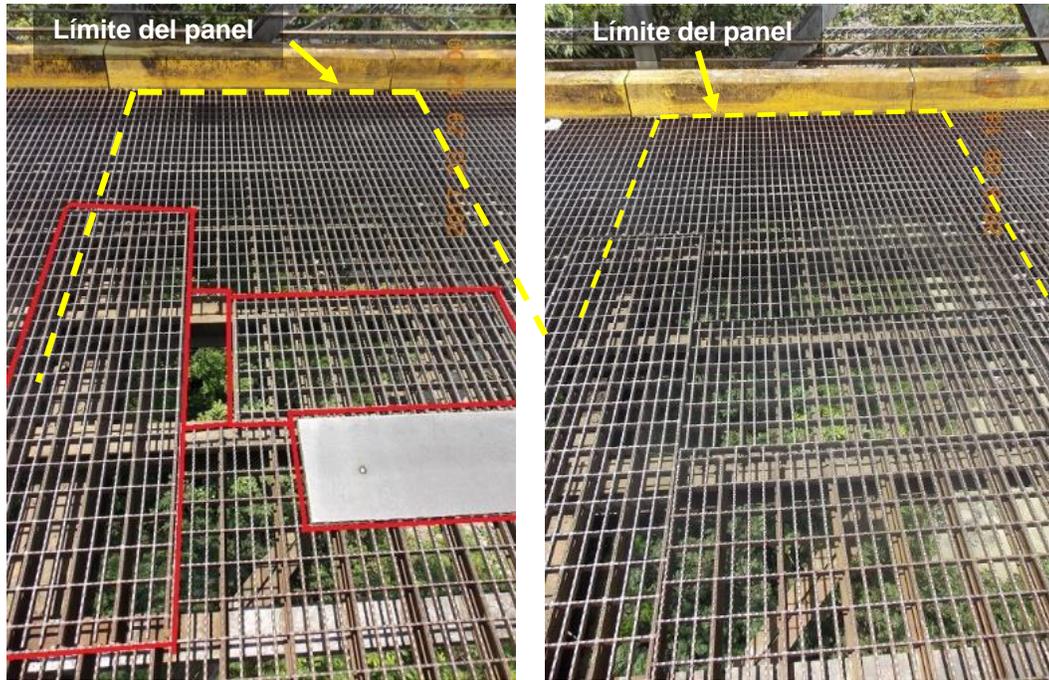


Figura D.5. Panel 7 (izquierda 29/03/2017, derecha 18/09/2018).

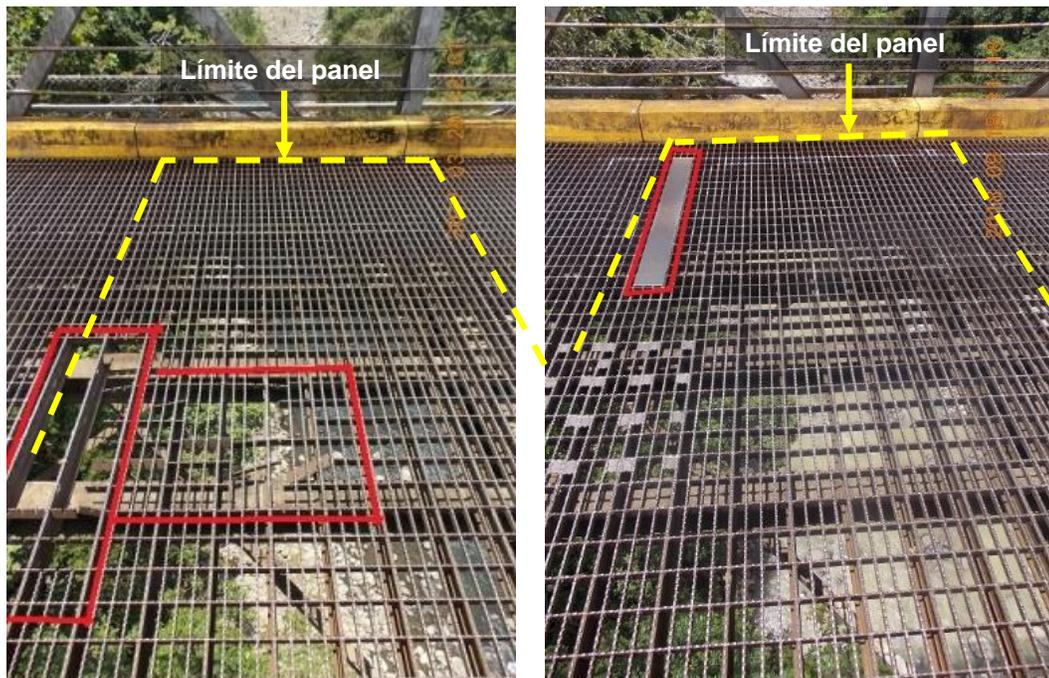


Figura D.6. Panel 12 (izquierda 29/03/2017, derecha 18/09/2018).

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444	
	INFORME DE EVALUACIÓN	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2019	Página 82/94

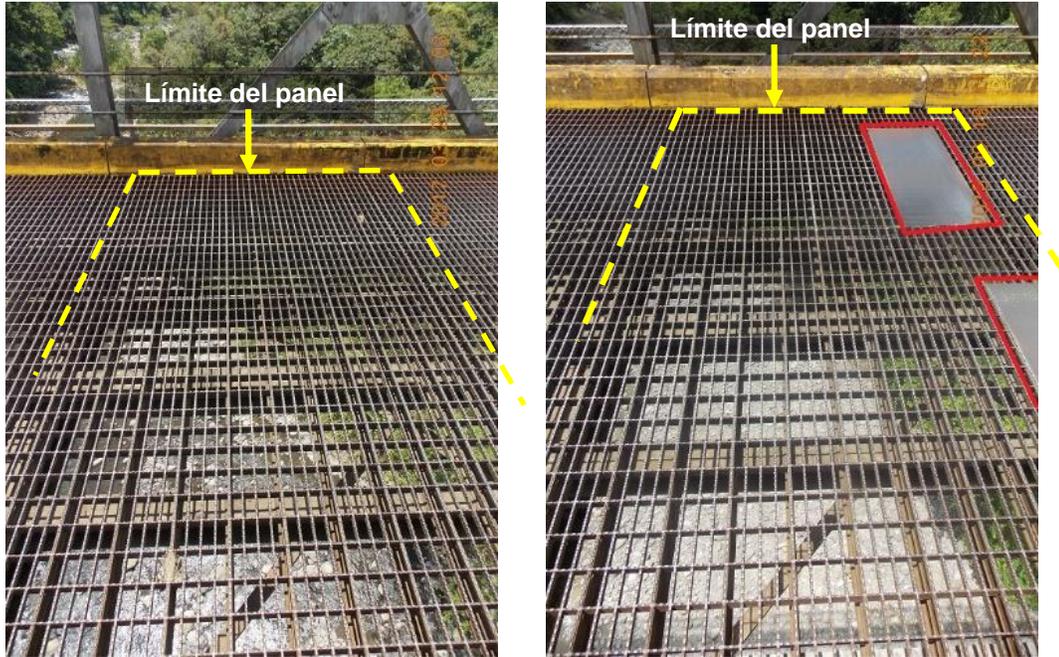


Figura D.7. Panel 27 (izquierda 29/03/2017, derecha 18/09/2018).

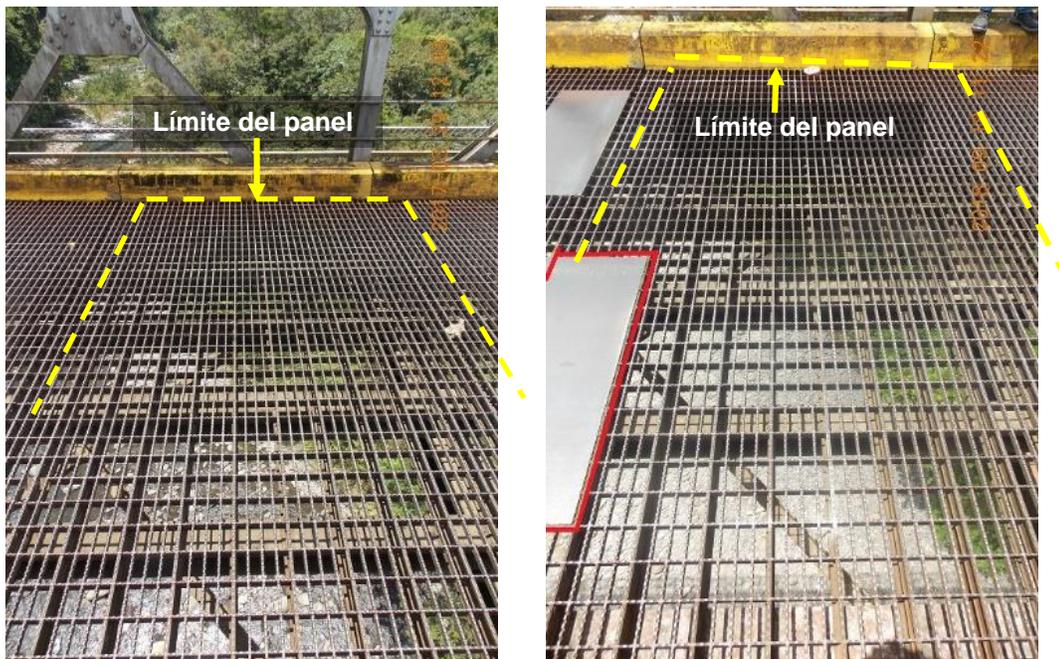


Figura D.8. Panel 28 (izquierda 29/03/2017, derecha 18/09/2018).

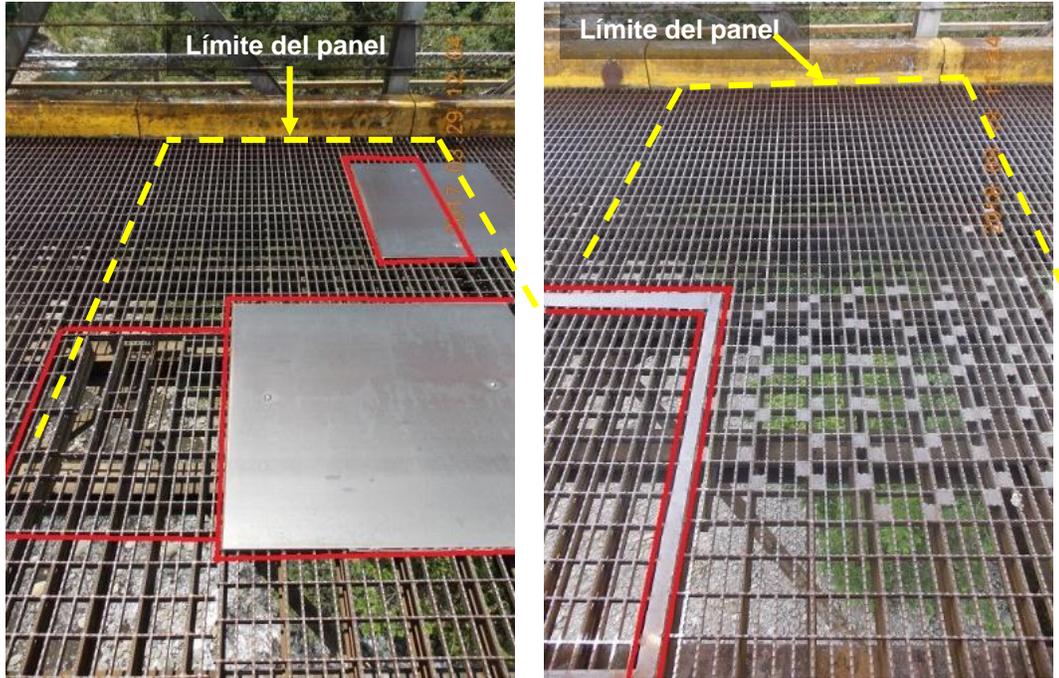


Figura D.9. Panel 32 (izquierda 29/03/2017, derecha 18/09/2018).

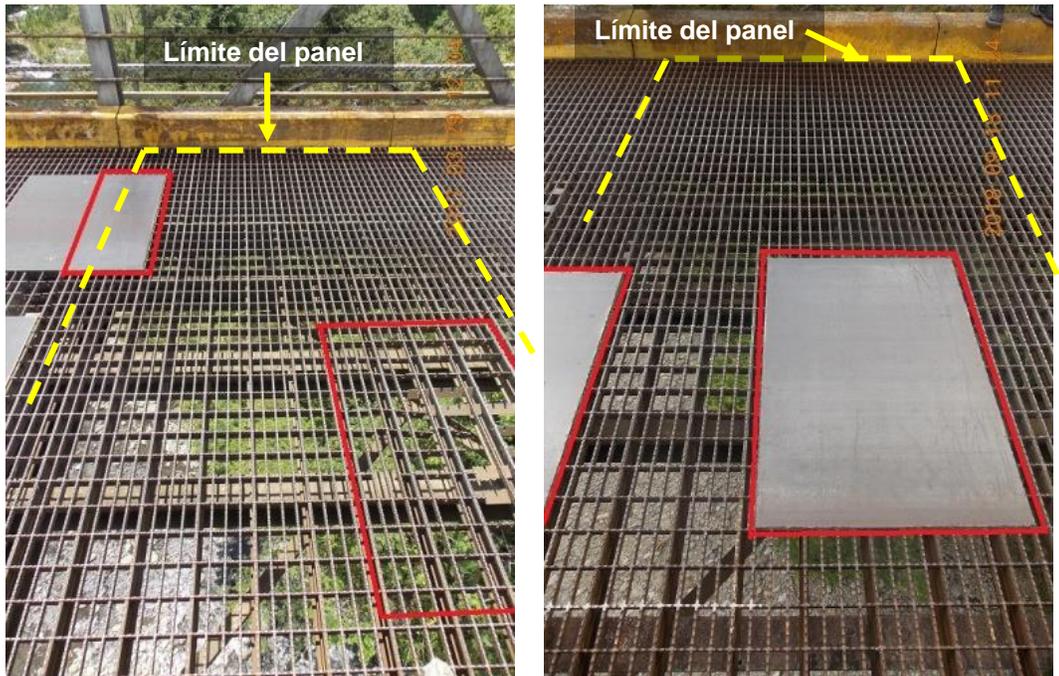


Figura D.10. Panel 33 (izquierda 29/03/2017, derecha 18/09/2018).

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2019	Página 84/94 VERSIÓN 06

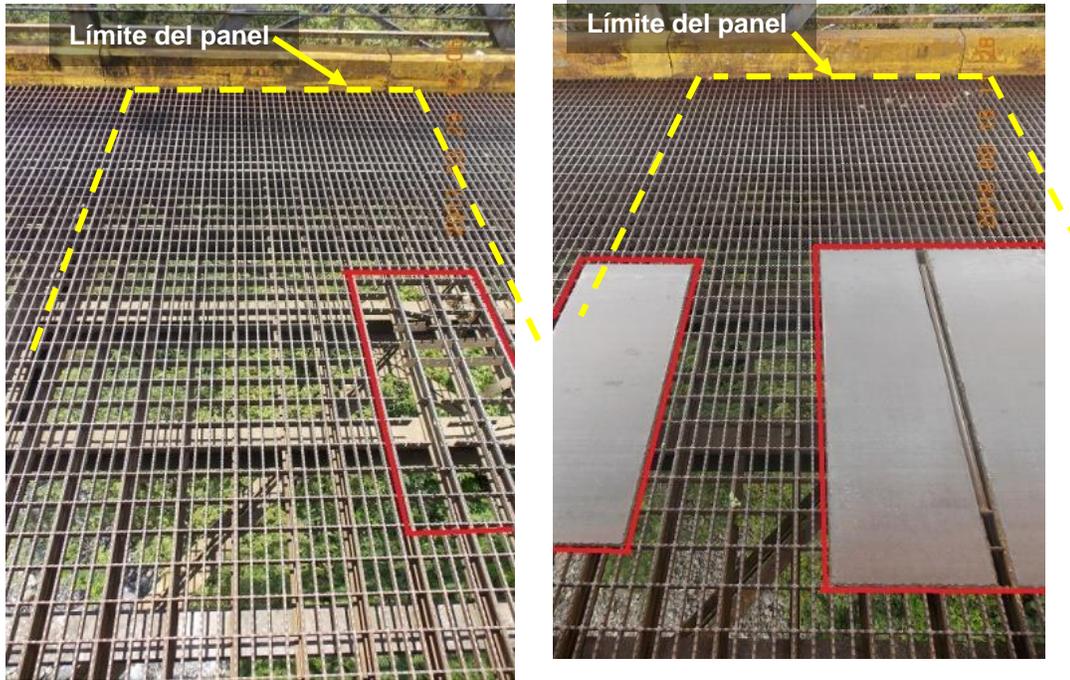


Figura D.11. Panel 39 (izquierda 29/03/2017, derecha 18/09/2018).

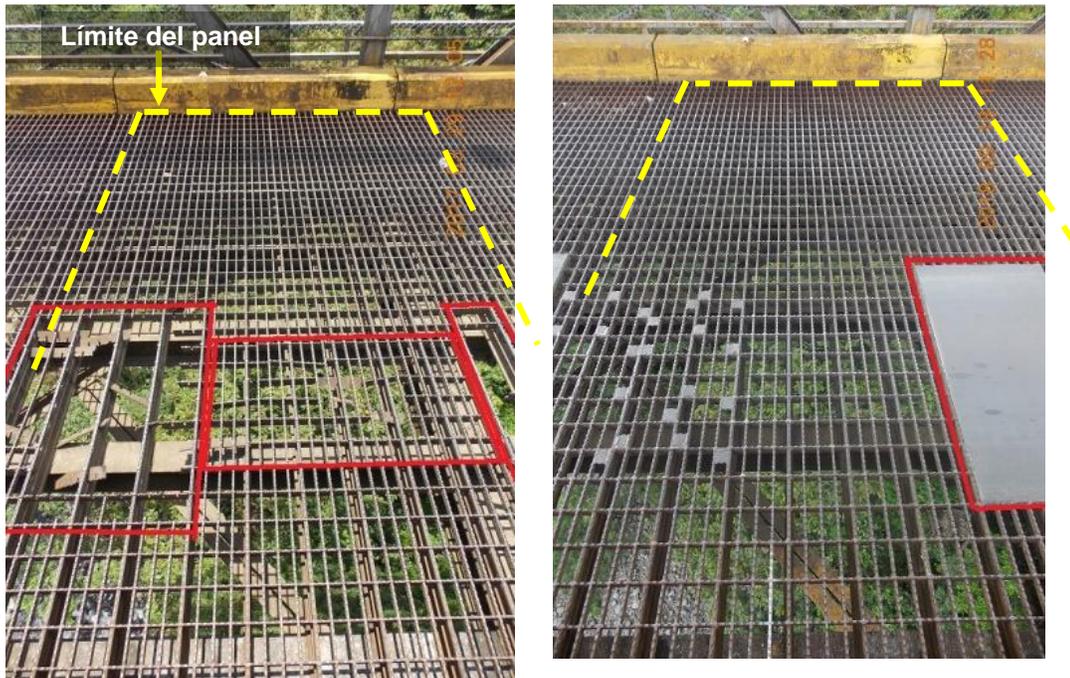


Figura D.12. Panel 40 (izquierda 29/03/2017, derecha 18/09/2018).

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN	
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2019	Página 85/94
		VERSIÓN 06

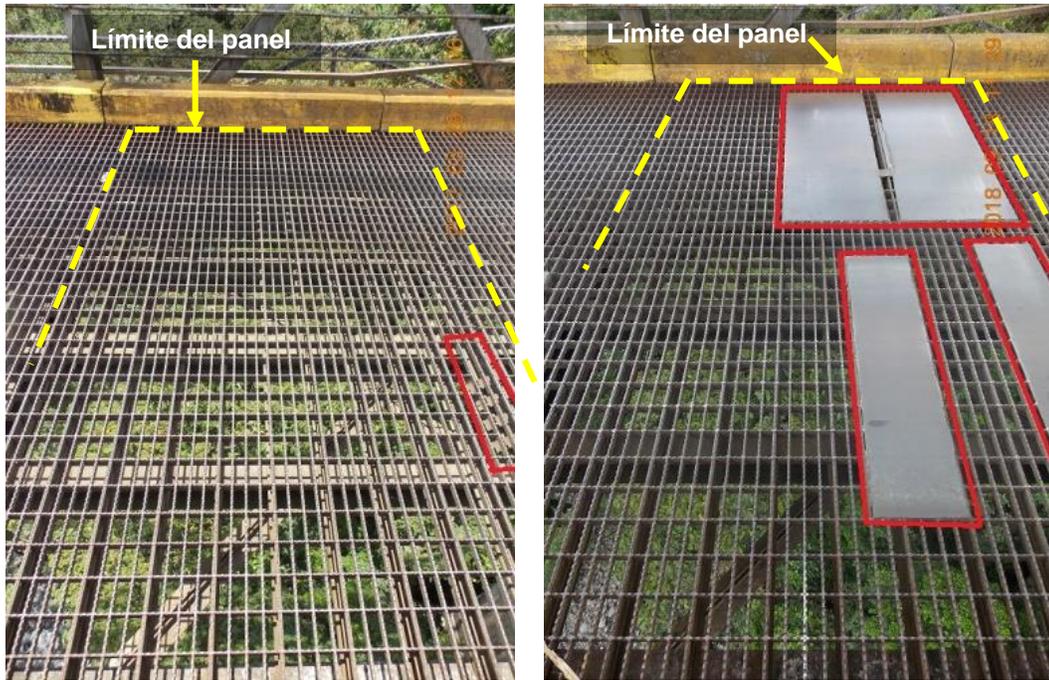


Figura D.13. Panel 41 (izquierda 29/03/2017, derecha 18/09/2018).

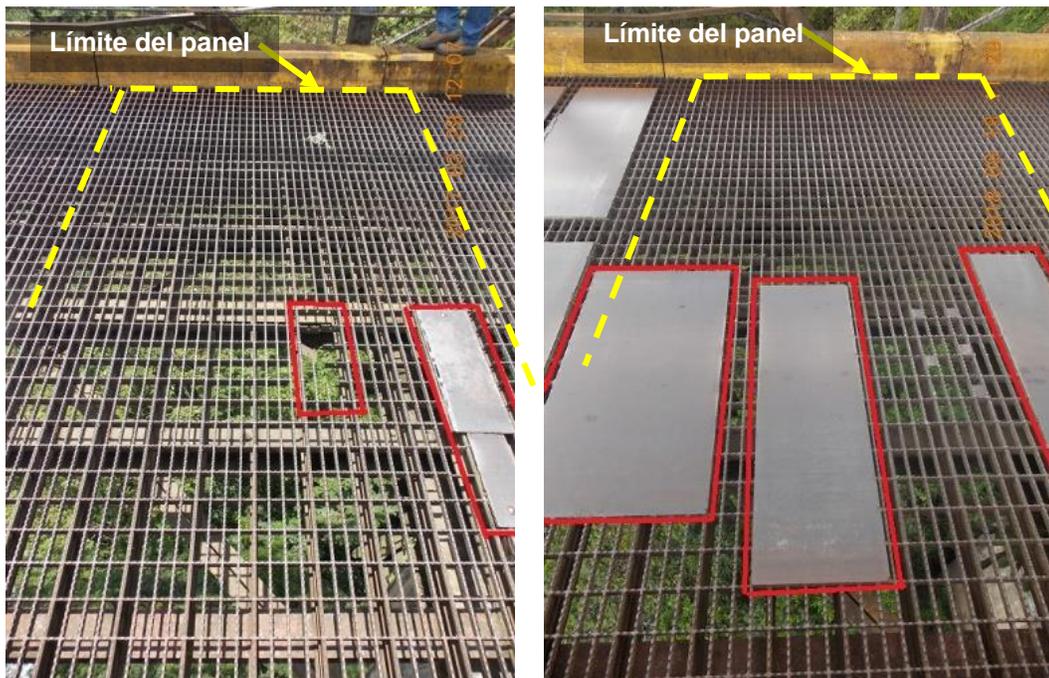


Figura D.14. Panel 42 (izquierda 29/03/2017, derecha 18/09/2018).

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444	
	INFORME DE EVALUACIÓN	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2019	Página 86/94

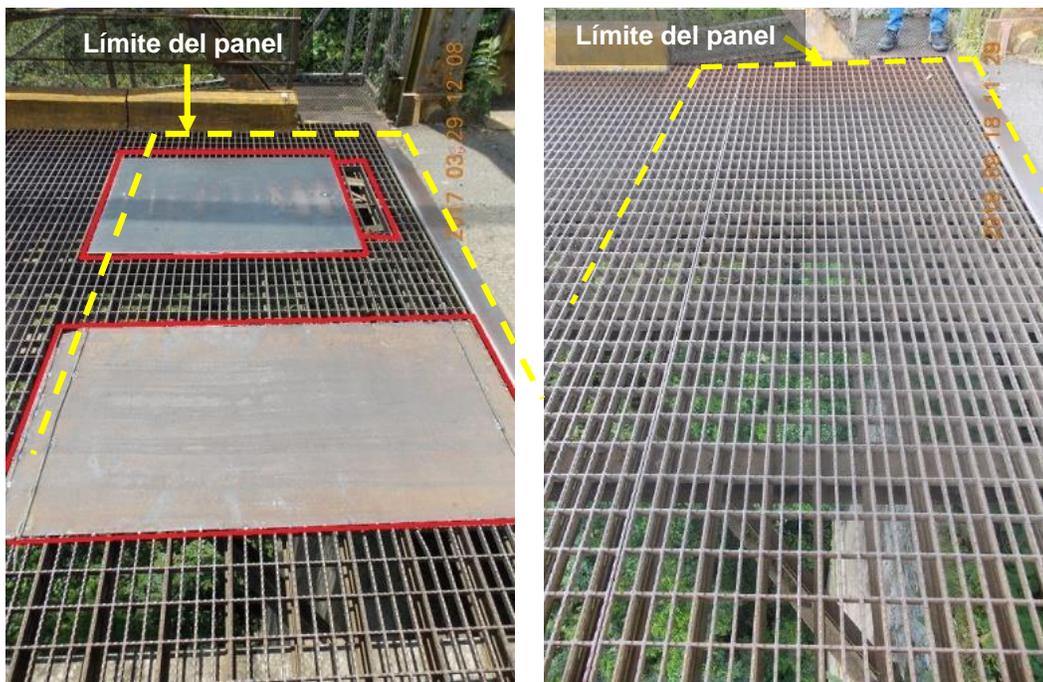


Figura D.15. Panel 44 (izquierda 29/03/2017, derecha 18/09/2018).

En general, en la inspección de setiembre de 2018 no se observaron agujeros ni elementos desprendidos en los paneles que presentaban dichas deficiencias en la inspección de marzo del 2017, ya que éstos fueron intervenidos o sustituidos. Actualmente, en 9 de los 44 paneles se observan reparaciones con placas lisas de acero, reparaciones que no se observaron en esos 9 paneles en marzo del 2017. Al igual que se mencionó en el informe LM-UP-25-2017, se considera que la lámina utilizada podría no ofrecer suficiente fricción a las llantas de los vehículos; lo anterior se agrava cuando la placa está mojada. Además, en el caso de motocicletas o bicicletas el riesgo de un derrape aumenta.

Los daños observados en las conexiones soldadas (ver Tabla No. 4, apartado 4.1) entre las láminas de las rejillas, y entre las rejillas y sus apoyos indican que se debe a la fatiga del material de la conexión. El fenómeno de la falla por fatiga es inducido por ciclos de carga en el rango elástico del material, el detallado de las conexiones soldadas y el rango de esfuerzos, y por lo tanto de debe analizar las condiciones actuales del puente, ya que el mismo fue

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2019	Página 87/94	VERSIÓN 06

intervenido en el año 2007 y a los 10 años de servicio ya había empezado la sustitución del tablero por presentar fallas, sustitución que ha continuado con el tiempo, cuando es de esperar que la vida útil de un tablero tipo rejilla abierta sea de 15 a 20 años bajo condiciones de tránsito pesado (BGFMA, 2017).

En la Tabla D2 se presenta el estado observado de los paneles de tablero en las inspecciones de marzo del 2017 y setiembre del 2018. Se debe indicar que a pesar de que en la Tabla D1 los paneles 9, 34 y 44 se reportan con un estado “sin daño observado”, en setiembre de 2018 presentaban daños que ameritaron su intervención.

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2019	Página 88/94	VERSIÓN 06

Tabla D2. Evolución del daño en el tablero.

Descripción	Año			
	2007	2011	2017	2018
Paneles sin evidencia de daño	44	44	28	23
Paneles sin evidencia de daño que anteriormente estaban dañados (intervenidos)	-	-	-	4
Paneles con evidencia de daño y/o evidencia de reparación	-	-	10	14
Paneles con evidencia de daño	-	-	5	3
Total	44	44	44	44

NA= no aplica

En la Figura D.16 se presentan los datos de la Tabla D2 como un porcentaje del total de los paneles que no presentan daño ni han sido intervenidos. Aunque no se cuente con datos entre los años 2011 y 2017 (línea gris punteada), se debe notar la tendencia acelerada en la evolución del daño a partir de la inspección de marzo del 2017. Según las observaciones en campo del estado de conservación del tablero y la evidencia presentada en el gráfico de la Figura D.16, se puede afirmar que el tablero se está deteriorando de forma acelerada, y que si las causas no se atienden adecuadamente, la rejilla no sustituida va a presentar problemas en el corto plazo, y además hay probabilidades de que con una regularidad menor a los 10 años, la rejilla que se cambió vuelva a presentar problemas paulatinamente y se tenga que empezar de nuevo su reemplazo para vidas de servicio cortas, aumentando los costos de conservación en el ciclo de vida.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2019	Página 89/94	VERSIÓN 06

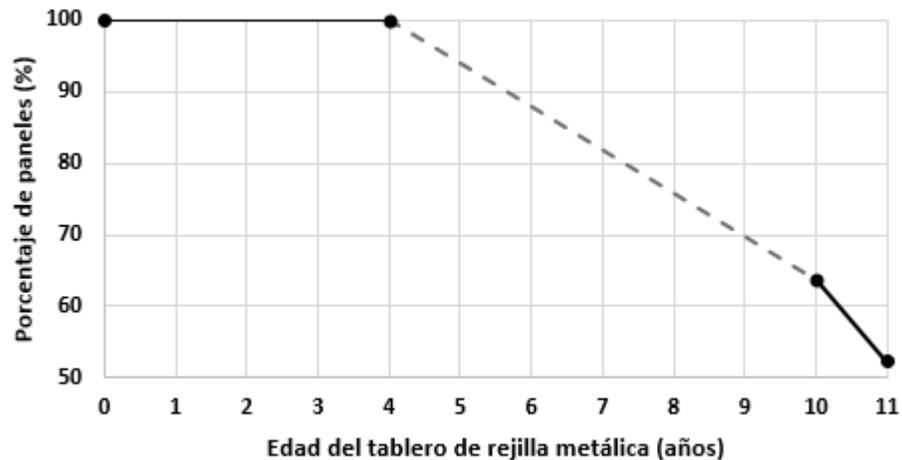


Figura D.16. Porcentaje de paneles metálicos tipo rejilla sin evidencia de daño y/o evidencia de intervención a partir de la sustitución del tablero en el 2007. La línea negra entre los años 0 y 4 (periodo 2007-2011) comprende el periodo desde que se sustituyó el tablero y la visita de abril del 2011 donde no se observó daño; la línea gris punteada entre los años 4 y 10 (periodo 2011-2017) carece de datos intermedios y podría ser diferente a la recta presentada; la línea negra entre los años 10 y 11 corresponde al seguimiento que se ha realizado al tablero del puente y que evidencia deterioro acelerado.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2019	Página 90/94	VERSIÓN 06

Página intencionalmente dejada en blanco

Informe LM-PIE-UP-P01-2019	Febrero, 2019	Página 90 de 94
----------------------------	---------------	-----------------

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2019	Página 91/94	VERSIÓN 06

ANEXO E

Guía para intervención de la protección contra la corrosión en elementos metálicos

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2019	Página 92/94	VERSIÓN 06

Página intencionalmente dejada en blanco

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2019	Página 93/94	VERSIÓN 06

El diagrama de flujo de la página siguiente (adaptado de NHI, 2016), presenta una guía para la intervención de la protección contra la corrosión en elementos metálicos. Los criterios mostrados van en función de la extensión del daño en el elemento, los costos de intervención, criterios de estética y evaluación del sistema de protección contra la corrosión actual sobre el elemento evaluado. Los costos considerados en el diagrama de flujo son:

ϕ_{rr} = costo de remover y sustituir el sistema de protección existente

ϕ_{oc} = costo de aplicar una sobrecapa de pintura

ϕ_{sp} = costo de reparar defectos puntuales

El documento "SSPC TU3- Society of Protective Coatings Technology Update3" se utiliza para evaluar si se justifica el riesgo de aplicar una sobrecapa sobre una superficie pintada existente. El riesgo es evaluado según la adherencia y el espesor de la pintura existente. Estos parámetros son cuantificados durante la evaluación en sitio con base en los estándares de la ASTM.

