



UNIVERSIDAD DE  
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL  
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

## INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 1 de 50

# Programa de Ingeniería Estructural

Proyecto: LM-PIE-UP-P09-2019

## EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PUENTE SOBRE EL RÍO LAJAS RUTA NACIONAL No. 01

Preparado por:  
Unidad de Puentes  
LanammeUCR



San José, Costa Rica  
Octubre, 2019



UNIVERSIDAD DE  
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL  
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

## INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444	Versión: 08	Página 2 de 50
----------------	-------------	----------------

Página intencionalmente dejada en blanco

## INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444	Versión: 08	Página 3 de 50
----------------	-------------	----------------

### Información técnica del documento

<b>1. Informe:</b> LM-PIE-UP-P09-2019		<b>2. Copia No.</b> 1	
<b>3. Título y subtítulo:</b> EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PUENTE SOBRE EL RÍO LAJAS EN RUTA NACIONAL No.01		<b>4. Fecha del Informe</b> Octubre, 2019	
<b>5. Organización y dirección</b> 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			
<b>6. Notas complementarias</b> Ninguna			
<b>7. Resumen</b> <i>Este informe de evaluación de la condición del puente sobre el río Lajas, en la Ruta Nacional No. 01, 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>			
<b>8. Palabras clave</b> Puentes, Ruta Nacional No. 01, río Lajas, Evaluación de condición.		<b>9. Nivel de seguridad:</b> Ninguno	<b>10. Núm. de páginas</b> 50
<b>11. Inspección e informe por:</b>  Ing. Hellen Garita Durán Unidad de Puentes	<b>12. Inspección y revisión por:</b>  Ing. Sergio Álvarez González Unidad de Puentes	<b>13. Inspección, revisión y aprobación por:</b>  Ing. Esteban Villalobos Vega Coordinador Unidad de Puentes	
<b>14. Revisado y aprobado por:</b>  Ing. Rolando Castillo Barahona Coordinador Programa de Ingeniería Estructural	<b>15. Revisado por:</b>  Lic. Miguel Chacón Alvarado Asesor Legal LanammeUCR		



UNIVERSIDAD DE  
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL  
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

## INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 4 de 50

Página intencionalmente dejada en blanco



## INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 5 de 50

### 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 .....	33
7.	REFERENCIAS.....	39
	ANEXO A GLOSARIO .....	41
	ANEXO B CRITERIOS PARA CLASIFICAR EL ESTADO DE CONSERVACIÓN DEL PUENTE.....	44



UNIVERSIDAD DE  
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL  
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

## INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 6 de 50

Página intencionalmente dejada en blanco



## INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 7 de 50

### 1. INTRODUCCIÓN

Este informe de *evaluación* del puente sobre el río Lajas en la Ruta Nacional No.1, 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. Se brinda a razón de que sirva a la Administración como base o marco de referencia del estado del puente antes de ser intervenido como parte del proyecto de ampliación del tramo entre Cañas y Limonal. Al momento de las inspecciones no se había intervenido el puente en cuestión ni se había iniciado la construcción del puente nuevo paralelo.

La *inspección* del puente se realizó el día 31 de mayo del 2018. Debido al proyecto de ampliación actualmente en ejecución, se realizó su re-inspección el día 05 de setiembre del 2019.

### 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) Establecer un marco de referencia del estado del puente antes de ser intervenido como parte del proyecto de ampliación del tramo entre Cañas y Limonal.



## INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 8 de 50

### 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 mismo, 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 sí se tuvo acceso a los planos de diseño los cuales se obtuvieron de la base de datos electrónica interna de la UP (Departamento de Comercio de Estados Unidos, Oficina de Carreteras Públicas (1952). Puente sobre el río Lajas. Versión: Planos finales de diseño [pdf], Carretera Interamericana, Ministerio de Obras Públicas y Transportes, Costa Rica). La información de planos es una guía para el proceso de *inspección*, pero no es determinante para establecer la condición del puente, pues esta solo puede determinarse a partir de la información que se recolecta y verifica en el sitio.

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 de 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





## INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 9 de 50

demás 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.



## INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

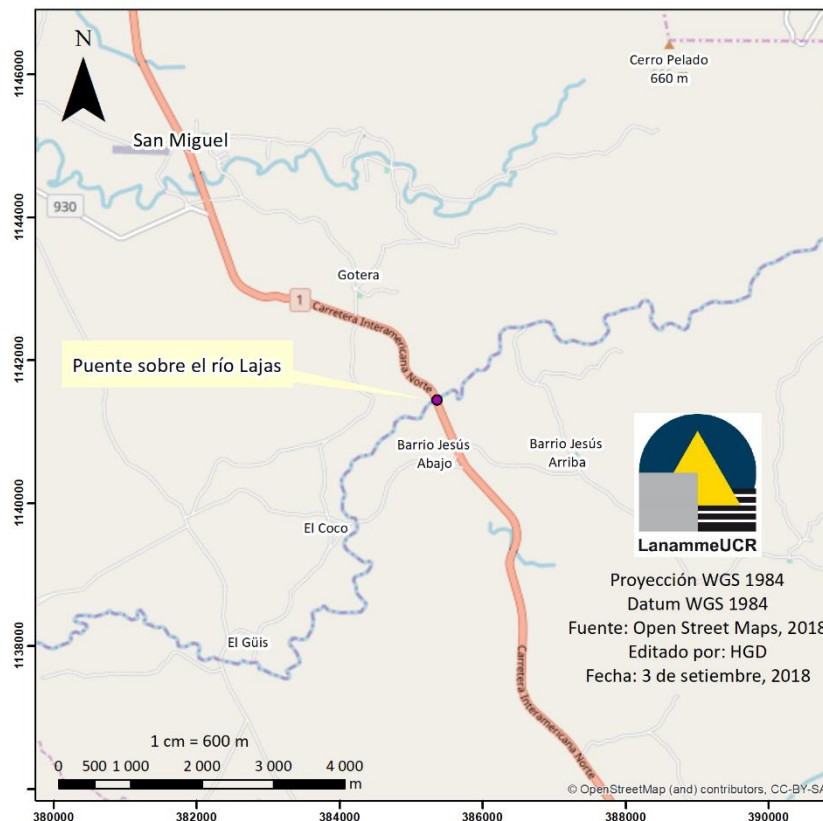
Versión: 08

Página 10 de 50

### 4. DESCRIPCIÓN

**Tabla No. A.** Características básicas de ubicación del puente y de la ruta.

<b>Ubicación</b>	Provincia, Cantón, Distrito	Guanacaste, Abangares, Juntas
	Coordenadas (WGS84)	10° 19' 16,36" N de latitud / 85° 02' 48,32" O de longitud
	Río que cruza	Río Lajas
<b>Ruta Nacional en la que se ubica el puente</b>	Número de ruta	01
	Tipo de ruta	Primaria
	Sección de control	50010
<b>TPD - Anuario de Tránsito (MOPT, 2018)</b>	Total	11433
	Porcentaje de vehículos pesados	24,41 %
	Porcentaje de camiones de 5 o más ejes	11,07 %
	Año en que se realizó el conteo	2015



**Figura A.** Ubicación geográfica del río Lajas (Adaptado de Open Street Maps, 2018).



## INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 11 de 50



**Figura B.** Vista a lo largo de la línea de centro (acceso 2 desde Cañas).



**Figura C.** Vista lateral (costado aguas abajo).

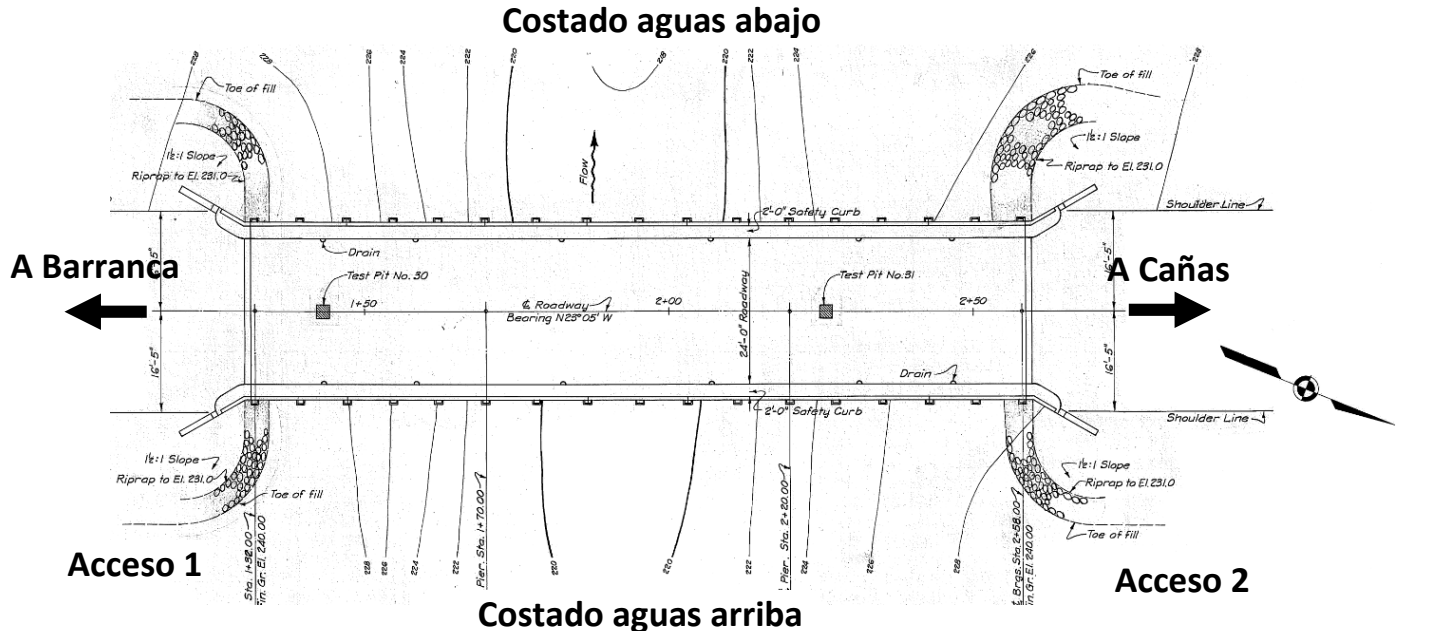


# INFORME DE EVALUACIÓN

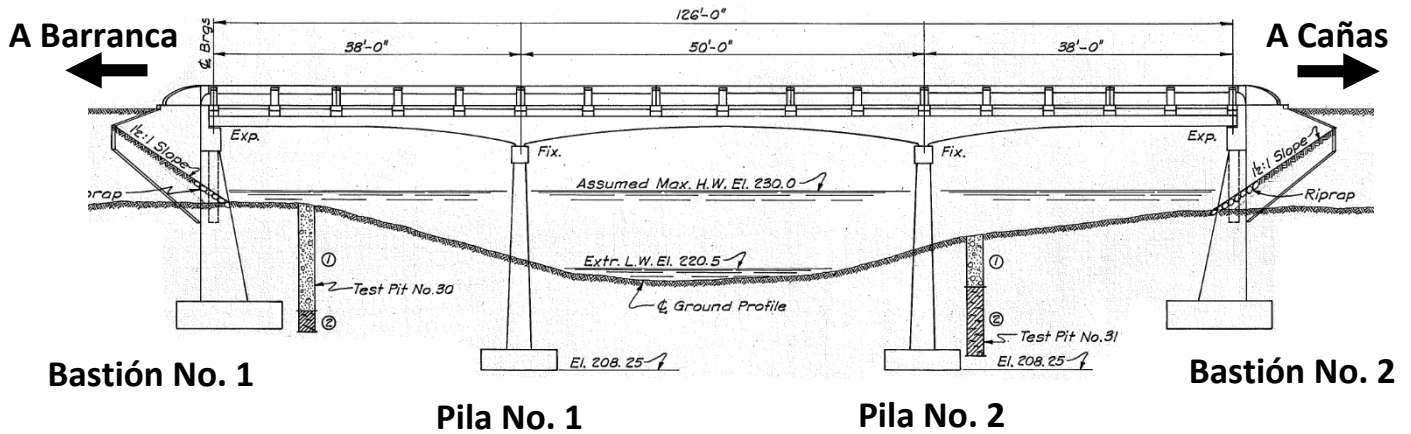
Código: RC-444

Versión: 08

Página 12 de 50



(a) Vista en planta



(b) Elevación

Figura D. Identificación utilizada para el puente sobre el río Lajas, la cual coincide con la que se utiliza en planos.



## INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 13 de 50

**Tabla No. B.** Características básicas del puente sobre el río Lajas.

<b>Geometría</b>	Tipo de estructura	Puente
	Longitud total (m)	38,9
	Ancho total (m)	9,1
	Ancho de calzada (m)	7,4
	Número de tramos	3
	Alineación del puente	Recta
	Número de carriles	2
<b>Superestructura</b>	Número de superestructuras	1
	Tipo de superestructura (elementos principales)	Superestructura 1, tipo viga continua con vigas principales tipo T de sección variable de concreto reforzado
	Tipo de tablero	Losa de concreto reforzado
<b>Apoyos</b>	Tipo de apoyo en bastiones	Bastión 1: apoyo expansivo Bastión 2: apoyo expansivo
	Tipo de apoyo en pilas	Pila 1: apoyo fijo Pila 2: apoyo fijo
<b>Subestructura</b>	Número de elementos	4
	Tipo de bastiones	Bastión 1: tipo marco de concreto reforzado Bastión 2: tipo marco de concreto reforzado
	Tipo de pilas	Pila 1: tipo marco de concreto reforzado con muro de relleno Pila 2: tipo marco de concreto reforzado con muro de relleno
	Tipo de cimentación	Placa de cimentación
<b>Diseño y construcción</b>	Año de diseño	1952
	Año de construcción	1959
	Especificación de diseño original	A.A.S.H.O 1949
	Carga viva de diseño original	H15-S12-44 (HS15-44)
	Año de reforzamiento/rehabilitación	No se tiene información.
	Especificación utilizada para el reforzamiento/ rehabilitación	No se tiene información.
	Carga viva de diseño utilizada para el reforzamiento/ rehabilitación	No se tiene información.



## INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 14 de 50

### 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) Superestructura (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.5, 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.



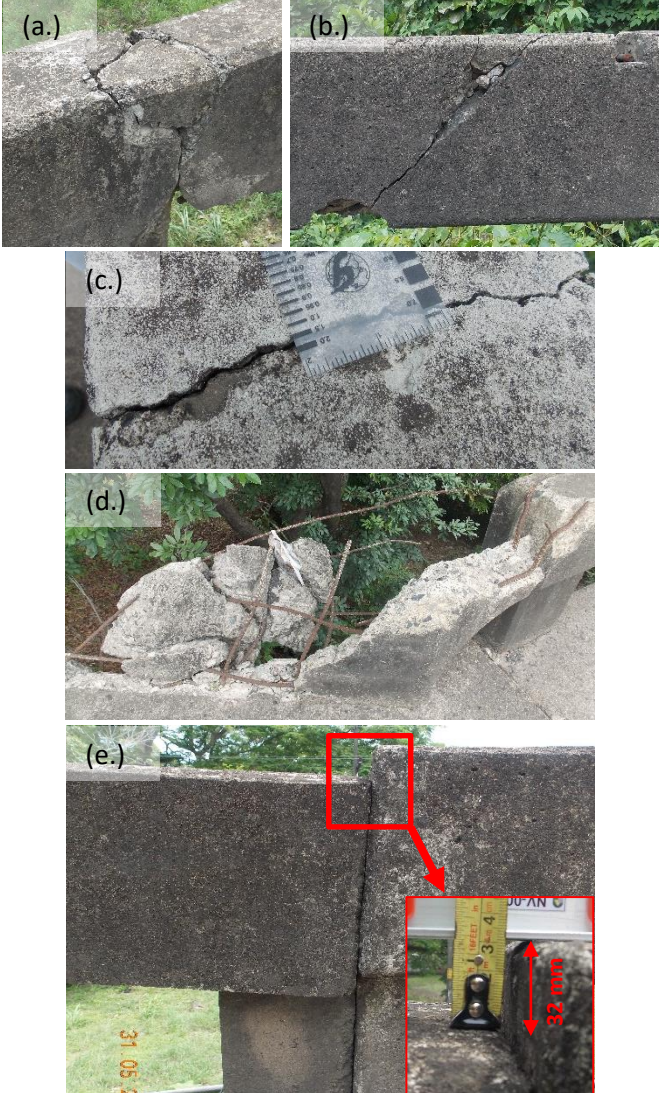
## INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 15 de 50

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

1.1. Sistema de contención vehicular del puente:	RE = 2	GD = 2
<p>Se observaron elementos de la barrera con grietas de 1,5 mm de espesor y desprendimientos de concreto (Figura 1.1(a.), (b.) y (c.)), posiblemente debido a impactos vehiculares. Además, en el acceso 1 costado aguas abajo, el pretil rígido de la barrera se encontraba severamente dañado (ver Figura 1.1(d)). Estos daños podrían provocar que la barrera no cumpla su función de contener vehículos en caso de impacto.</p> <p>En la Figura 1.1(e.) se observa una diferencia de alineamiento vertical entre elementos de la barrera (aproximadamente 32 mm), lo que afecta el nivel de contención del puente.</p> <p>Además, la barrera vehicular del puente podría no cumplir con los niveles de contención TL-4 de la <i>Especificación de Diseño AASHTO LRFD (2017)</i>, acordes con las características de tránsito y velocidad de la ruta, debido a que fue diseñada con una normativa anterior a la publicación de los documentos: Reporte NCHRP 350 (1993) y MASH-2 (AASHTO, 2016) (ver Tabla No. B). 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><b>Figura 1.1.</b> Deterioros en la barrera vehicular del puente: (a.), (b.) y (c.) agrietamiento y desprendimiento de concreto por impacto de vehículos, (d.) daño severo en pretil rígido de barrera en acceso 1, costado aguas abajo y (e.) diferencia de alineamiento vertical entre elementos de la barrera vehicular.</p>	






## INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 16 de 50

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

<p><b>1.2. Sistema de contención vehicular de los accesos:</b></p>	<p><b>RE = 1</b></p>	<p><b>GD = 3</b></p>
<p>No se observaron sistemas de contención vehicular en los accesos, lo cual implica un riesgo de accidentes de tránsito por salida de vehículos de la vía hacia el cauce (ver Figura 1.2). Este riesgo se agrava debido a la pendiente pronunciada de los taludes de los accesos (ver <b>2.5. Rellenos de aproximación y taludes de accesos</b>).</p>	 <p><b>Figura 1.2.</b> Ausencia de sistema de contención vehicular en acceso 2.</p>	
<p><b>1.3. Aceras, ciclovías y sus accesos:</b></p>	<p><b>RE = 2</b></p>	<p><b>GD = 2</b></p>
<p>Como se observa en la Figura 1.3, el puente cuenta con un bordillo de 0,65 m (ver Figura 1.3) de ancho efectivo que no cumplen con el ancho mínimo especificado en la Ley 7600 para aceras peatonales. Este tipo de combinación de barrera de contención y bordillo peatonal, puede ser utilizado sólo para velocidades de operación menores a 70 km/h (AASHTO, 2017), lo cual no se cumple en este caso.</p> <p>Durante la inspección no se observó tránsito de peatones.</p>	 <p><b>Figura 1.3.</b> Bordillo que funge como acera del puente.</p>	






## INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 17 de 50

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

<p><b>1.4. Señalización (captaluces, demarcación horizontal, delineadores verticales, marcadores de objeto, rótulos de identificación):</b></p>	<p><b>RE = 1</b></p>	<p><b>GD = 1</b></p>
<p>En las visitas no se observaron delineadores verticales ni marcadores de objeto. Estos dispositivos son de importancia ya que guían a los conductores, principalmente en la noche o en condiciones de baja visibilidad, máxime que el puente no contaba con guardavías en los accesos.</p> <p>Tampoco había rótulo de identificación del puente en el acceso 1, como se observa en la Figura 1.4, donde se evidencia que fue impactado.</p>	 <p><b>Figura 1.4.</b> Ausencia de rótulo de identificación del puente en acceso 1.</p>	
<p><b>1.5. Iluminación:</b></p>	<p><b>RE = 1</b></p>	<p><b>GD = 0</b></p>
<p>No se observaron luminarias en el puente ni en sus aproximaciones. Se considera que colocando todos los elementos de seguridad vial (barreras de contención y guardavías adecuados, señalización vertical y horizontal) y dándoles un adecuado mantenimiento, la iluminación no es necesaria.</p>	<p>No hay fotografía asociada.</p>	



## INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 18 de 50

**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>Se observaba desprendimiento de agregados con severidad baja, debido a que había material desprendido (ver Figura 2.1 (a.) y (b.)).</p>		



**Figura 2.1.** Desgaste de la superficie de rodamiento del puente: (a.) se muestra la extensión del daño y (b.) la severidad que es media.



## INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 19 de 50

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

2.2. Bordillos y sistema de drenaje del puente:	RE = 1	GD = 2
<p>El puente cuenta con un bordillo de 0,27 m de altura que se utiliza como acera. La altura del bordillo se recomienda que no sea mayor a 0,10 m en carreteras con una velocidad mayor a 65 km/h, como es el caso, debido a que puede provocar que el vehículo sobrepase la barrera de contención (Zamora-Rojas, et al., 2012).</p> <p>En cuanto al sistema de drenaje, algunos de los drenajes se encontraban parcialmente obstruidos como se observa en la Figura 2.2(a).</p> <p>En la Figura 2.2(b.) se observa que los drenajes descargan directamente sobre las vigas principales, lo que podría propiciar un deterioro más acelerado de dichos elementos (ver 3.2. Vigas principales).</p> <p>Se observó también acumulación de sedimentos y vegetación en los bordillos (Figura 2.2 (c.) y (d.)), lo cual podría provocar que los sistemas de drenaje se obstruyan parcial o completamente a corto plazo.</p>	   	<p><b>Figura 2.2.</b> Bordillos y sistema de drenaje: (a.) drenaje parcialmente obstruido, (b.) descarga directa de agua sobre vigas principales del puente, (c) y (d) maleza y sedimentos que pueden cubrir sistema de drenaje.</p>





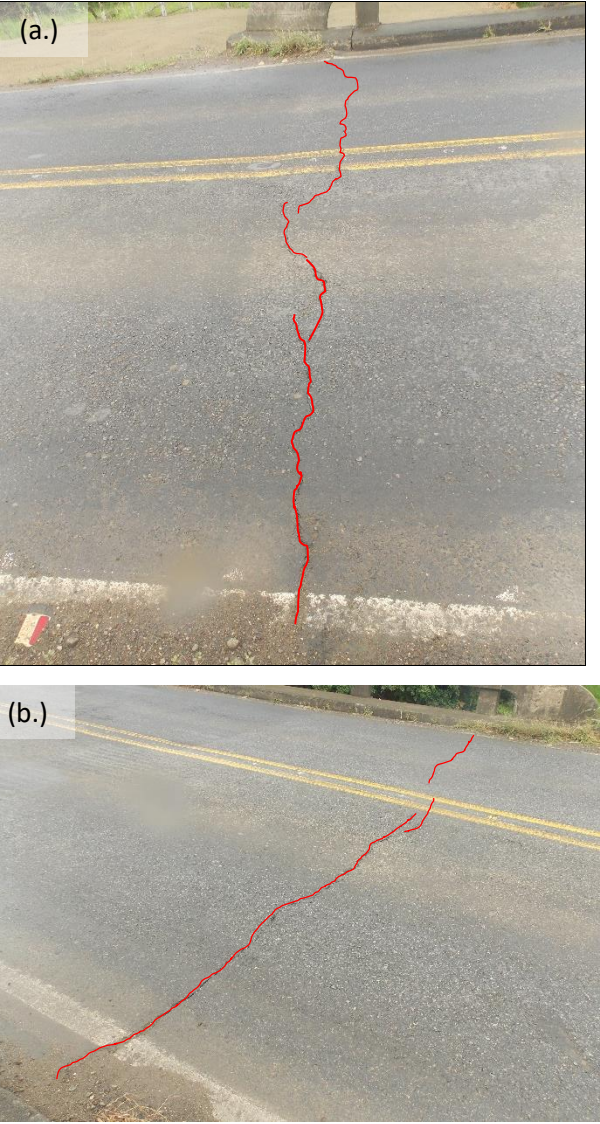
## INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 20 de 50

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

2.3. Juntas de expansión:	RE = 1	GD = 2
<p>Las juntas de expansión estaban cubiertas por mezcla asfáltica (ver Figura 2.3 (a.) y (b.)).</p> <p>Producto del movimiento del puente, se observó que se habían creado grietas a lo largo de la carpeta sobre la junta de expansión de ambos accesos y no fue posible inspeccionarla a nivel del tablero de concreto.</p>	 <p><b>Figura 2.3.</b> Obstrucción de junta de expansión y agrietamiento de carpeta asfáltica de: (a.) acceso 1 y (b.) acceso 2.</p>	



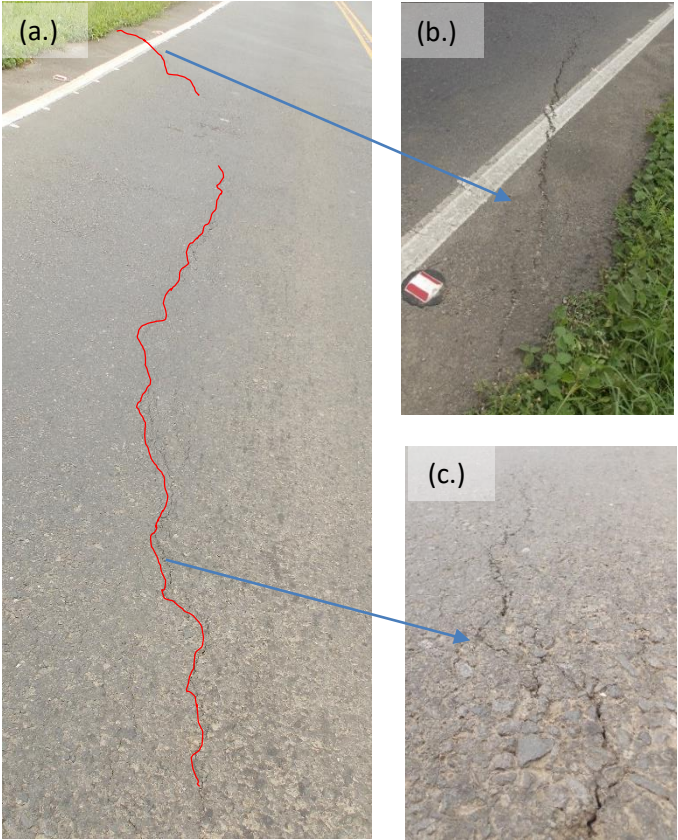
## INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 21 de 50

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

2.4. Superficie de rodamiento de los accesos:	RE = 1	GD = 1
<p>En la superficie de rodamiento del acceso 2 se observó agrietamiento cerca del talud del costado aguas abajo, como se evidencia en la Figura 2.4(a.), Figura 2.4(b.) y Figura 2.4(c.).</p>	 <p><b>Figura 2.4.</b> Deterioros en superficie de rodamiento: (a.) vista general del agrietamiento del acceso 2 (b.) detalle del agrietamiento que se extiende al talud del acceso 2 y (c.) detalle del agrietamiento longitudinal en acceso 2.</p>	





## INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 22 de 50

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

2.4. Superficie de rodamiento de los accesos (continuación):	RE = 1	GD = 1
<p>En la superficie de rodamiento del acceso 1 se observó desgaste (ver Figura 2.4(d.)) y desprendimientos de material que cubren 450 mm de longitud (ver Figura 2.4(e.)).</p>	<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 10px;"> <span style="margin-right: 5px;">(d.)</span>  </div> <div style="display: flex; align-items: center;"> <span style="margin-right: 5px;">(e.)</span>  </div> </div> <p><b>Figura 2.4.</b> Deterioros en superficie de rodamiento (continuación): (d.) desgaste de superficie en acceso 1 y (e.) desprendimientos en acceso 1, las líneas rojas representan distancias de 100 mm.</p>	

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

2.5. Rellenos de aproximación y taludes de accesos:	RE = 2	GD = 0
No se observaron defectos.	No hay fotografía asociada.	






## INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 23 de 50

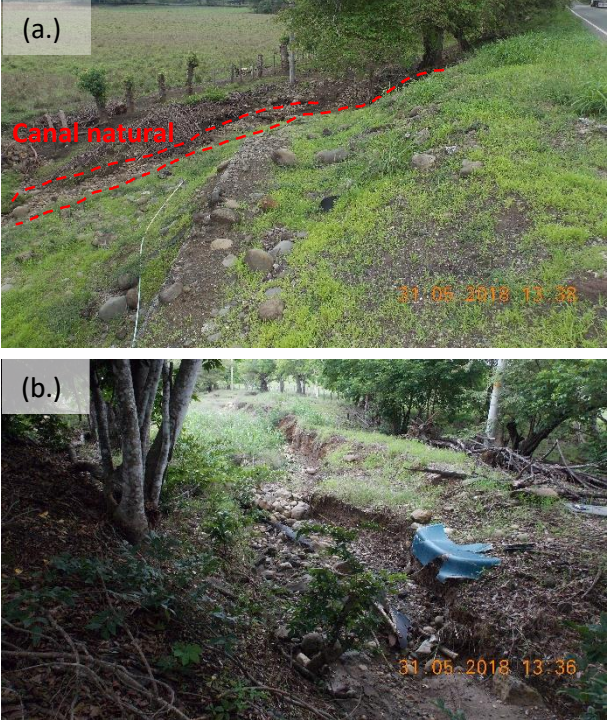
<p><b>2.6. Muros de retención de los accesos:</b></p>	<p><b>RE =</b> 2</p>	<p><b>GD =</b> 0</p>
<p>En el acceso 1 costado aguas arriba se observó un muro de gaviones. Este muro no se observa en los planos del puente.</p> <p>Los demás rellenos no contaban con un sistema de este tipo.</p>	 <p><b>Figura 5.3.</b> Muro de retención de acceso 1, costado aguas arriba.</p>	
<p><b>2.7. Losa de aproximación:</b></p>	<p><b>RE =</b> NI</p>	<p><b>GD =</b> NI</p>
<p>No se tiene evidencia de la existencia de losas de aproximación en los planos de diseño, ni se tuvo acceso visual a ellas.</p>	<p>No hay fotografía asociada.</p>	



# INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444	Versión: 08	Página 24 de 50
----------------	-------------	-----------------

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

2.8. Sistema de drenaje de los accesos:	RE = 1	GD = 1
<p>Se observaron canales naturales en los extremos de la vía, pero no se observó un sistema de drenaje que dirija las aguas de la superficie de rodamiento hasta los canales. Se considera que deben emplearse soluciones integrales para evitar que un defecto como la falta de un sistema de drenajes, afecte otros elementos del puente como los taludes de aproximación.</p> <p>En el acceso 2, costado aguas arriba, se observó otro canal natural con evidencia de erosión y acumulación de material. Tampoco se observó un sistema de drenaje que conduzca las aguas provenientes de la carpeta asfáltica al canal (ver Figura 2.8(b)).</p>	 <p><b>Figura 2.8.</b> Drenajes naturales en laterales de accesos: (a.) canal natural en acceso 1 y (b.) canal natural en acceso 2.</p>	





# INFORME DE EVALUACIÓN

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

<b>3.1. Tablero (losa de concreto):</b>	<b>RE = 3</b>	<b>GD = 1</b>
<p>Se observó agrietamiento y eflorescencia entre paños de la losa de concreto con una extensión de menos de 10% del área de la losa debido a que el daño se encontraba localizado. Esto se evidencia en la Figura 3.1(a.) donde se señalan las secciones de losa con daño, y en la Figura 3.1(b.) donde se observan grietas y eflorescencia.</p> <p>Los deterioros podrían comprometer la capacidad de carga de la losa al disminuir su rigidez y la eflorescencia implica un riesgo de que se presente corrosión en el acero de refuerzo.</p>	 <p><b>Figura 3.1.</b> Vista inferior del tablero donde se observa agrietamiento y eflorescencia: (a.) en rojo se destacan los sitios donde se observaba agrietamiento, fotografía tomada desde el bastión 1 y (b.) detalle del agrietamiento y eflorescencia entre los paños de losa.</p>	




## INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 26 de 50

**Tabla No. 3.** Estado de conservación de la superestructura de vigas de concreto (continuación).

3.2. Vigas principales:	RE = 3	GD = 2
<p>Se observó eflorescencia en los sitios donde los drenajes descargaban directamente sobre las vigas, como se observa en la Figura 2.2(b.). Esta deficiencia puede causar corrosión del acero de refuerzo por la acumulación de humedad.</p> <p>También se observó agrietamiento por cortante en la sección de la viga principal ubicada aguas arriba sobre el apoyo del bastión 2, como se evidencia en la Figura 3.2(a.).</p> <p>A 2,5 m de un apoyo en bastión 2 había otra grieta por cortante y otra por flexión en el extremo inferior, como se observa en la Figura 3.2(b.).</p> <p>Entre el bastión 2 y la pila 2 se observaban algunas grietas por flexión en las vigas exteriores como se observa en la Figura 3.3(c.).</p>	 <p><b>Figura 3.2.</b> Defectos en vigas principales: (a.) eflorescencia y agrietamiento en sección de la viga apoyada en el bastión 2, (b.) agrietamiento a 2,5 m aproximadamente de apoyo fijo y (c.) agrietamiento por flexión en tramo entre bastión 2 y pila 2.</p>	




## INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08


Página 27 de 50

**Tabla No. 3.** Estado de conservación de la superestructura de vigas de concreto (continuación).

3.4. Vigas diafragma:	RE = 2	GD = 1
<p>En las vigas transversales ubicadas cerca de los bastiones se observó suciedad debido a los desechos de los murciélagos, como se observa en la Figura 3.4.</p>		

**Figura 3.4.** Viga transversal sobre el bastión 2 con suciedad.

**Tabla No. 4.** Estado de conservación de la subestructura.

4.1. Apoyos en pilas y bastiones	RE = NI	GD = NI
<p>En la Figura 4.1 se aprecia la acumulación de sedimentos en el asiento del bastión 1, costado aguas abajo. La información de los planos indicaba que los apoyos en los bastiones eran expansivos sin embargo no se logró corroborar debido a que no se tuvo acceso o la vegetación no permitía ver el apoyo.</p>		

**Figura 4.1.** Acumulación de vegetación y sedimentos en asiento del bastión de acceso 1.




## INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 28 de 50

**Tabla No. 4.** Estado de conservación de la subestructura (continuación).

<p><b>4.2. Bastiones:</b></p>	<p><b>RE = 3</b></p>	<p><b>GD = 0</b></p>
<p>Se observaron manchas de humedad en ambos bastiones (ver Figura 4.2), principalmente producto del agua que se filtra por los extremos de las juntas de expansión.</p>	 <p><b>Figura 4.2.</b> Manchas de humedad y suciedad en menos del 25% del bastión 1.</p>	
<p><b>4.3. Aletones:</b></p>	<p><b>RE = NI</b></p>	<p><b>GD = NI</b></p>
<p>No se logró observar los aletones por la vegetación.</p>	<p>No hay fotografía asociada.</p>	






## INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 29 de 50

**Tabla No. 4.** Estado de conservación de la subestructura (continuación).

<p><b>4.4. Pilas:</b></p>	<p><b>RE = 4</b></p>	<p><b>GD = 0</b></p>
<p>En la pila 1 se observó un leve desgaste del concreto en la parte inferior (ver Figura 4.4(a.) y Figura 4.4(b.)). Si el deterioro continuo, la sección de concreto continuaría disminuyendo y se podría comprometer la durabilidad de la pila.</p> <p>No se observó erosión severa en las pilas; sin embargo, se debe seguir monitoreando ya que la geometría rectangular es más susceptible a erosión.</p>	 <p><b>Figura 4.4.</b> Desgaste del concreto en pila 1: (a.) en sección de muro opuesta al río, costado aguas abajo y (b.) en columna de pila frente al río, costado aguas arriba.</p>	
<p><b>4.5. Cimentaciones</b></p>	<p><b>RE = NI</b></p>	<p><b>GD = NI</b></p>
<p>No se tuvo acceso visual a las cimentaciones de los bastiones.</p>	<p>No hay fotografía asociada.</p>	



## INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 30 de 50

**Tabla No. 5.** Estado de conservación de elementos de protección sísmica e hidráulica.

<b>5.1. Longitud de asiento en bastiones y pilas:</b>	<b>RE = 2</b>	<b>GD = 0</b>
<p>La longitud de asiento de los bastiones es 0,45 m. La longitud de asiento requerida para puentes de este tipo es de 0,45 m según la especificación AASHTO LRFD (2017) artículo 4.7.4.4. o la guía AASHTO LRFD en el artículo 4.12., por lo tanto la longitud de asiento es adecuada.</p> <p style="text-align: right;">No hay fotografía asociada.</p>		
<b>5.2. Dispositivos para prevención de colapso (llaves de corte, cadenas, anclajes, aislamiento sísmico):</b>	<b>RE = 2</b>	<b>GD = 2</b>
<p>No se observaron dispositivos para prevención de colapso en el puente.</p> <p style="text-align: right;">No hay fotografía asociada.</p>		




## INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 31 de 50

**Tabla No. 5.** Estado de conservación de elementos de protección sísmica e hidráulica (continuación).

<p><b>5.3. Protección de taludes de relleno de aproximación:</b></p>	<p><b>RE = 2</b></p>	<p><b>GD = 0</b></p>
<p>No se observaron deficiencias. No hay fotografía asociada.</p>		
<p><b>5.4. Protección de taludes frente al bastión:</b></p>	<p><b>RE = 2</b></p>	<p><b>GD = 0</b></p>
<p>No se observó un sistema de protección de taludes frente a los bastiones. Sin embargo, durante la visita no se observó evidencia de erosión.</p> <p>Al no haber un sistema de drenaje de los accesos, no se tiene una terminación que dirija apropiadamente las aguas al río. Esto puede provocar erosión en los bastiones dependiendo del camino que tome el agua pluvial (ver <b>2.8. Sistema de drenaje de los accesos</b>). En el momento de la inspección no se observaron indicios de erosión debido a esta razón.</p>	 <p>(a.)</p> <p>(b.)</p>	
<p><b>Figura 5.4.</b> Ausencia de protección de: (a.) bastión 1 y (b.) bastión 2.</p>		



## INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444	Versión: 08	Página 32 de 50
----------------	-------------	-----------------

**Tabla No. 5.** Estado de conservación de elementos de protección sísmica e hidráulica (continuación).

<b>5.5. Protección de socavación en pilas:</b>	<b>RE =</b> NA	<b>GD =</b> 0
<p>No se observaron sistemas de protección de pilas, y por la forma que tienen las columnas, estas pueden ser susceptibles, pero no se observaron daños al momento de la inspección.</p> <p style="text-align: center;">No hay fotografía asociada.</p>		
<b>5.6. Cauce del río:</b>	<b>RE =</b> NA	<b>GD =</b> 0
<p>Al momento de la inspección el cauce del río estaba bajo y no se identificaron problemas aguas abajo o arriba del puente en el cauce del río en la sección en donde este interactúa con el puente.</p> <p style="text-align: center;">No hay fotografía asociada.</p>		





## INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 33 de 50

### 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este informe se presentan las observaciones realizadas durante la evaluación visual de la condición del puente río Lajas ubicado en la Ruta Nacional No. 01 (Carretera Interamericana Norte). Las Tablas No. 1 a No. 5 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 SERIO:

CATEGORÍA	CONDICIÓN	DESCRIPCIÓN	
		Integridad Estructural y Seguridad Vial	Necesidad de Atención
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

La calificación anterior se brinda por las siguientes razones:

- a. Las vigas principales de concreto muestran agrietamiento por cortante y flexión que podría comprometer el acero de refuerzo.

Por lo tanto, con el propósito de contribuir a la atención de la estructura según las observaciones de las Tablas No.1 a No.5, 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 DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 34 de 50

**Tabla No. 6 - Mantenimiento cíclico o programado:**

***Nota: Se incluyen sólo las deficiencias observadas y se asume que se llevan a cabo las restantes tareas necesarias de mantenimiento cíclico de los componentes del puente.***

Elementos	Recomendaciones
2.2. Bordillos y sistema de drenaje del puente	Incluir en el programa de mantenimiento cíclico labores de limpieza en bordillos y la preservación de los diferentes elementos de los sistemas de drenaje.
2.3. Juntas de expansión	Establecer medidas en los programas de conservación del tramo de la vía, que eviten la obstrucción de las juntas de expansión al recarpetear la carretera y que incluyan la preservación de las mismas. Evaluar si desde el punto de vista de gestión del riesgo es factible mantener la sobrecapa de asfalto sobre las juntas de expansión hasta la siguiente intervención o si es necesario programar la eliminación de las obstrucciones sobre las juntas y colocar un sistema adecuado, como podría ser una junta de expansión tipo asfáltica ("Asphaltic Plug Joint" como se le conoce en inglés), que permita el movimiento del puente al mismo tiempo que sella contra el paso de agua hacia los bastiones y la zona de los apoyos
3.4. Vigas diafragma 4.1. Apoyos en pilas y bastiones 4.2. Bastiones	Incluir en el programa de mantenimiento cíclico labores de limpieza de las vigas diafragma, bastiones y la zona de los apoyos.



## INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 35 de 50

**Tabla No. 7 - Mantenimiento basado en la condición:**

Elementos	Recomendaciones
<p><b>1.2.</b> Sistema de contención vehicular de los accesos</p>	<p>Proveer un sistema de contención vehicular en los accesos del puente. 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) y las recomendaciones del fabricante del sistema a utilizar. Anclar los guardavías al pretil rígido de la barrera vehicular, dar una transición adecuada entre el sistema rígido y flexible y brindar una terminación segura en los extremos según las recomendaciones del fabricante.</p>
<p><b>1.4.</b> Señalización (captaluces, demarcación horizontal, delineadores verticales, marcadores de objeto, rótulos de identificación)</p>	<p>Colocar delineadores verticales frente a las barreras del puente en ambos accesos. Colocar rótulo de identificación en el acceso 1. Considerar agregar una placa con la carga de diseño del puente, ya sea en su condición actual o si es rehabilitado.</p>
<p><b>2.2.</b> Bordillos y sistema de drenaje del puente</p>	<p>Colocar ductos de drenaje con tubos cuya longitud se extienda al menos 100 mm por debajo del nivel inferior de las vigas (según la sección 2.6.6.4 de la especificación AASHTO LRFD 2017).</p>



## INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 36 de 50

**Tabla No. 8 - Rehabilitación:**

Elementos	Recomendaciones
<p><b>1.1.</b> Sistema de contención vehicular del puente</p>	<p>Evaluar la posibilidad de establecer en el proyecto de ampliación de la Ruta Nacional No. 1 entre Limonal y Cañas, la sustitución de las barreras vehiculares por sistemas cuya resistencia, geometría y altura hayan sido probados para un nivel de contención TL-4 como mínimo, según lo establecido en la Especificación de Diseño AASHTO LRFD (AASHTO, 2017) y acordes con el Reporte NCHRP 350 (1993) o el MASH-2 (AASHTO, 2016), 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>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>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>
<p><b>1.3.</b> Aceras, ciclovías y sus accesos</p>	<p>En el caso de una rehabilitación integral del puente o la sustitución del mismo, se recomienda la inclusión de aceras que cumplan con la Ley 7600, que estén separadas del tránsito vehicular por medio de barreras de contención adecuadas.</p>



## INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 37 de 50

**Tabla No. 8 – Rehabilitación (continuación):**

Elementos	Recomendaciones
<p><b>Puente en general</b></p>	<p>Tomando en cuenta la condición descrita de los elementos, y en conjunto con un análisis de durabilidad y vida remanente de los componentes, llevar a cabo un análisis de capacidad de carga con base en la metodología LRFR descrita en el Manual AASHTO para Evaluación de Puentes (AASHTO, 2018), con el fin de definir las medidas a implementar, ya sea corregir las deficiencias existentes por medio de una rehabilitación o realizar su sustitución, tomando en cuenta el costo-efectividad en el ciclo de vida, así como otros factores económicos, de llevar a cabo una u otra alternativa. Tomar en consideración que este puente fue diseñado bajo la especificación A.A.S.H.O. 1949, la cual incluía un camión de diseño HS15-44 (24,1 ton) y cuyo peso teórico difiere considerablemente de la carga de diseño vigente (HL-93), la cual es más representativa del máximo de la composición del tránsito actual.</p> <p>Adicionalmente, incluir en el análisis un estudio de vulnerabilidad sísmica de la estructura y a partir de éste, determinar las necesidades, entre ellas, de construir llaves de cortante en los bastiones del puente de acuerdo con lo establecido en el Manual de Rehabilitación Sísmica FHWA (FHWA, 2006) y en la Especificación de diseño AASHTO LRFD (AASHTO, 2014), a los cuales se hace referencia en los Lineamientos para Diseño Sismorresistente de Puentes (CFIA, 2013).</p> <p>Además, valorar la posibilidad de incluir en el proyecto de rehabilitación del puente que se incluya la rehabilitación o sustitución de los apoyos considerando los requerimientos de diseño y las condiciones ambientales del puente.</p>



## INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 38 de 50

### Tabla No. 9 - Sustitución:

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 basadas en la condición y de rehabilitación del puente presentadas en las Tablas No. 7 y No. 8.

En caso de ser sustituido, debe ser diseñado de acuerdo a la normativa nacional e internacional más actualizada, cumpliendo los objetivos de diseño de AASHTO de resistencia, economía, estética, constructibilidad, durabilidad y facilidad de mantenimiento.

Se asume que estas recomendaciones serán evaluadas por los profesionales que la Administración asigne como responsables del *mantenimiento*, *rehabilitación* o *sustitución* 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 DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 39 de 50

### 7. REFERENCIAS

1. AASHTO (2011). *Roadside Design Guide 4th Edition*. American Association of State Highway and Transportation Officials. Washington, D.C., USA.
2. AASHTO (2016). *The Manual for Assessing Safety Hardware 2nd Edition*. American Association of State Highway and Transportation Officials. Washington, D.C., USA.
3. AASHTO (2017). *LRFD Bridge Design Specifications 8th Edition*. American Association of State Highway and Transportation Officials. Washington, D.C., USA.
4. AASHTO (2018). *The Manual for Bridge Evaluation. 3rd Edition*. American Association of State Highway and Transportation Officials. Washington, D.C., USA.
5. 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.
6. 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.
7. U.S. Department of Commerce Bureau of Public Roads (1952). Lajas River Bridge. Versión: Planos finales de diseño. Inter- American Highway. Ministerio de Obras Públicas, República de Costa Rica.
8. 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.
9. 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.



## INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 40 de 50

10. MOPT (2015). *Manual de especificaciones generales para la conservación de carreteras, caminos y puentes MCV-2015*. Ministerio de Obras Públicas y Transportes. San José, Costa Rica.
11. MOPT (2018). *Anuario de Información de Transito 2018*. 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.
12. 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.
13. NCHRP (1993). *Recommended procedures for the safety performance evaluation of highway features*. Report 350. National Cooperative Highway Research Program. Washington, D.C., USA.
14. 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.
15. 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.





UNIVERSIDAD DE  
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL  
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

## INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 41 de 50

# ANEXO A

## Glosario



## INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 42 de 50

- **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).
- **Mantenimiento Cíclico o Programado:** Actividades realizadas en un intervalo preestablecido y que buscan preservar las condiciones existentes de los componentes de un puente. La condición de los componentes no siempre es directamente mejorada como resultado de estas actividades, pero se espera que el deterioro sea retrasado (FHWA, 2018).
- **Mantenimiento Basado en la Condición:** Actividades realizadas en los componentes de un puente según sea necesario e identificado por medio del proceso de inspección de puentes. Este tipo de acciones mejora la condición de esa porción específica de los elementos, pero podría o no resultar en un incremento en su estado de condición (FHWA, 2018).



## INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 43 de 50

- **Rehabilitación:** Involucra trabajos mayores requeridos para restablecer la integridad estructural de un puente, así como los trabajos necesarios para corregir la mayoría de defectos de seguridad. La *rehabilitación* no es considerada una tarea de *conservación de puentes*, pero se pueden combinar actividades de *conservación* en varios elementos mientras se lleva a cabo una *rehabilitación*. Estos proyectos requieren recursos significativos de ingeniería para el diseño, un extenso cronograma de ejecución, y un costo considerable (FHWA, 2018).
- **Sustitución:** Es el reemplazo total de un puente estructural o funcionalmente obsoleto, por medio de una estructura construida en el mismo corredor vial. La estructura de reemplazo deberá cumplir los estándares más actuales de geometría, estructurales y constructivos, requeridos para los tipos y volumen proyectado de tránsito en el puente para su vida de diseño. Al igual que la *rehabilitación*, la sustitución no es considerada una actividad de *conservación de puentes*, y requiere recursos de ingeniería para el diseño, un sustancial y complejo cronograma de ejecución, y considerables costos. Costos de ciclo de vida y otros factores económicos deberán usualmente ser considerados cuando se sopesen ambas alternativas de *rehabilitación* y *sustitución* (FHWA, 2018).



UNIVERSIDAD DE  
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL  
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

## INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 44 de 50

# ANEXO B

## Criterios para clasificar el estado de conservación del puente



UNIVERSIDAD DE  
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL  
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

## INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 45 de 50

Página intencionalmente dejada en blanco





## INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 46 de 50

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.
- **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



## INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 47 de 50

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:

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

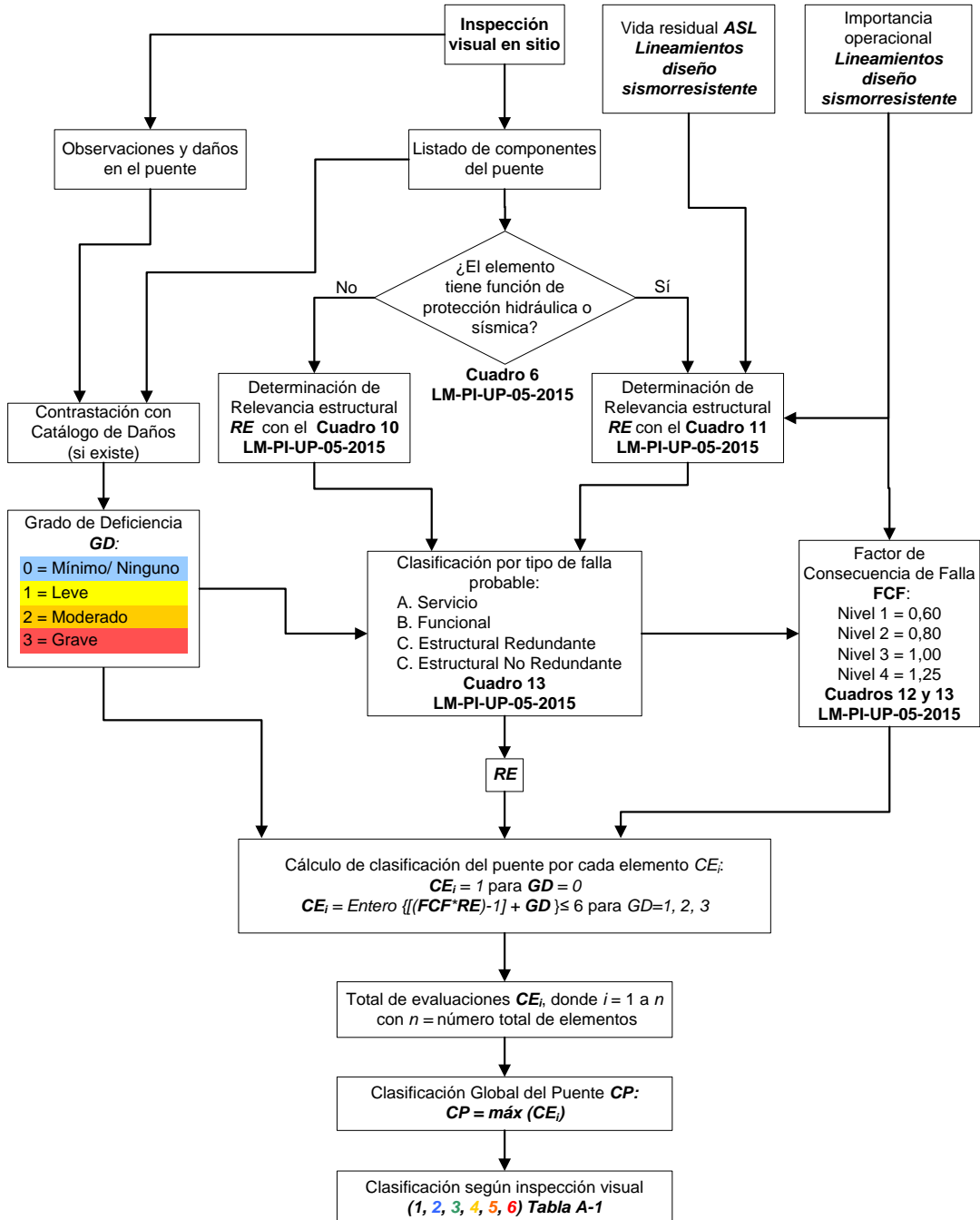
Con esta ecuación se obtienen valores enteros entre 1 y 6. Cada uno de estos valores representa una condición para el elemento que se describe en la tabla A-1.

- **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 DE EVALUACIÓN



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

## INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 49 de 50

**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



## INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 50 de 50

ELEMENTO		RE	GD	REFERENCIA A TABLA DE INFORME	FALLA	FCF	CE <sub>i</sub>
SEGURIDAD	Barrera vehicular (puente)	2	2	2.1.	B	0,8	3
	Barrera vehicular (accesos)	1	3	2.2.	A	0,6	3
	Aceras	2	2	2.3.	B	0,8	3
VIAL	Señalización Vial	1	1	2.5.	A	0,6	1
	Rotulación Carga/Altura Máxima	1	No Aplica	2.4.	A	0,6	
	Iluminación	1	0	2.6.	A	0,6	1
ACCESORIOS	Superficie de rodamiento (puente)	1	1	3.1.	A	0,6	1
	Sistema de drenaje del puente	1	2	3.2.	A	0,6	2
	Juntas de expansión	1	2	3.3.	A	0,6	2
ACCESOS	Superficie de rodamiento (acceso)	1	1	3.4.	A	0,6	1
	Relleno de aproximación	2	0	3.5.	B	0,8	1
	Losa de aproximación	2	No Insp.	3.7.	B	0,8	
	Muros de contención en accesos	2	0	3.6.	B	0,8	1
SUPERES-	Tablero	3	1	4.1.	C	1	3
TRUCTURA	Vigas principales de concreto	3	2	4.2.	C	1	4
TIPO VIGAS	Vigas diafragma de concreto	2	1	4.3.	B	0,8	2
SUBESTRUC-	Apoyos	3	No Insp.	5.1.	C	1	
	Aletones	2	No Insp.	5.3.	B	0,8	
	Bastiones: Viga cabezal	3	0	5.2.	C	1	1
	Bastiones: Cuerpo	3	0	5.2.	C	1	1
	Bastiones: Cimentación	3	No Insp.	5.5	C	1	
	Pilas: Viga cabezal	3	0	5.4.	C	1	1
	Pilas: Cuerpo tipo marco	4	0		C	1	1
Pila: Cimentación	4	0	5.5	D	1	1	
ELEMENTOS	Longitud de asiento (pedestales)	2	0	6.1	C	1	1
DE	Llaves de corte	2	2	6.2	C	1	3
PROTECCIÓ	Cadenas/ anclajes/ postensión externa	2	2	6.2	C	1	3
N SÍMICA	Dispositivos especiales	2	2	6.2	C	1	3
ELEMENTOS	Protección de taludes de rellenos aprox.	2	0	6.3	C	1	1
DE	Escollera de protección	2	0	6.4	C	1	1
PROTECCIÓ	Protección de socavación en pilas	2	0	6.5	C	1	1
<b>CP =</b>							<b>4</b>
<b>Condición Seria</b>							

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