

INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 1 de 46

Programa de Ingeniería Estructural

Proyecto: LM-PIE-UP-P06-2019

EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PUENTE SOBRE EL RÍO SALITRAL 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 46
----------------	-------------	----------------

Página intencionalmente dejada en blanco

INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444	Versión: 08	Página 3 de 46
----------------	-------------	----------------

Información técnica del documento

1. Informe: LM-PIE-UP-P06-2019		2. Copia No. 1	
3. Título y subtítulo: EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PUENTE SOBRE EL RÍO SALITRAL EN RUTA NACIONAL No.01		4. Fecha del Informe Octubre, 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 Salitral, 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 DEFICIENTE. 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. 01, río Salitral, Evaluación de condición.		9. Nivel de seguridad: Ninguno	10. Núm. de páginas 46
11. Inspección e informe por: Ing. Sergio Álvarez González Unidad de Puentes	12. Inspección y revisión por: Ing. Hellen Garita Durán Unidad de Puentes	13. Inspección, revisión y aprobación 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		



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 4 de 46

Página intencionalmente dejada en blanco



INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444	Versión: 08	Página 5 de 46
----------------	-------------	----------------

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	28
7.	REFERENCIAS.....	35
	ANEXO A GLOSARIO.....	37
	ANEXO B CRITERIOS PARA CLASIFICAR EL ESTADO DE CONSERVACIÓN DEL PUENTE.....	40



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 6 de 46

Página intencionalmente dejada en blanco



INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 7 de 46

1. INTRODUCCIÓN

Este informe de *evaluación* del puente sobre el río Salitral en la Ruta Nacional No.01, 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 01 de junio de 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 46

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 (1955). *Puente sobre el río Salitral*. 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 46

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, se indica que 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 46
----------------	-------------	-----------------

4. DESCRIPCIÓN

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

Ubicación	Provincia, Cantón, Distrito	Guanacaste, Cañas, Cañas
	Coordenadas (WGS84)	10°22'52"N de latitud / 85°05'03"O de longitud
	Río que cruza	Río Salitral
Ruta Nacional en la que se ubica el puente	Número de ruta	01
	Tipo de ruta	Primaria
	Sección de control	50110
TPD - Anuario de Tránsito (MOPT, 2018)	Total	7394
	Porcentaje de vehículos pesados	27,95 %
	Porcentaje de camiones de 5 o más ejes	12,43 %
	Año en que se realizó el conteo	2015



Figura A. Ubicación geográfica del puente. (Adaptado de Open Street Maps, 2018).



INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 11 de 46



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



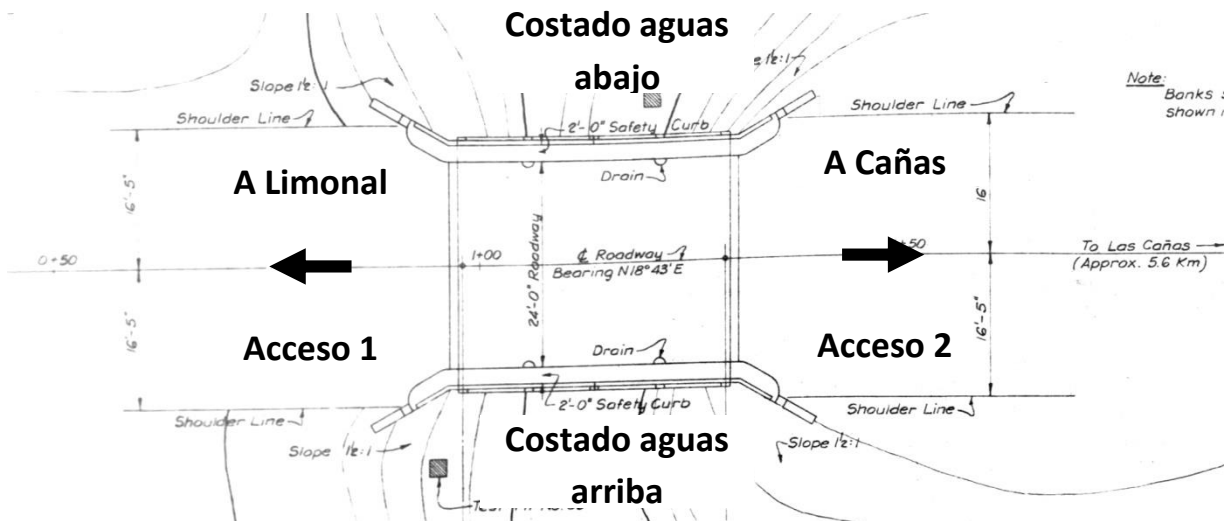
Figura C. Vista lateral (costado aguas arriba).

INFORME DE EVALUACIÓN

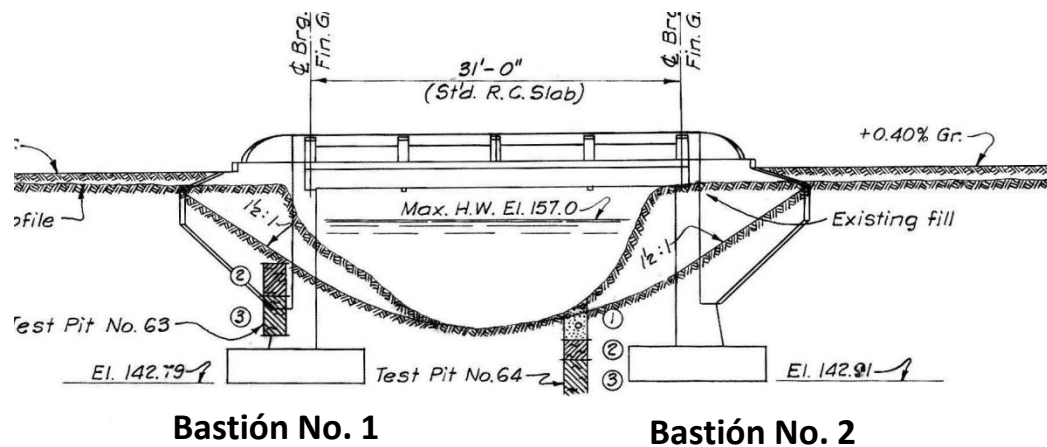
Código: RC-444

Versión: 08

Página 12 de 46



(a) Vista en planta



(b) Elevación

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



INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 13 de 46

Tabla No. B. Características básicas del puente.

Geometría	Tipo de estructura	Puente.
	Longitud total (m)	9,7
	Ancho total (m)	9,0
	Ancho de calzada (m)	7,4
	Número de tramos	1
	Alineación del puente	Recto
	Número de carriles	2 (1 por sentido)
Superestructura	Número de superestructuras	1
	Tipo de superestructura (elementos principales)	Superestructura 1, tipo losa de concreto reforzado simplemente apoyada.
	Tipo de tablero	Losa de concreto reforzado.
Apoyos	Tipo de apoyo en bastiones	Bastión 1 y 2 : apoyo fijo.
Subestructura	Número de elementos	Bastiones: 2
	Tipo de bastiones	Bastión 1 y 2 , tipo marco de concreto reforzado.
	Tipo de cimentación	Placas de cimentación.
Diseño y construcción	Año de diseño	1952 (según planos)
	Año de construcción	1959 (según placa adosada al puente)
	Especificación de diseño original	A.A.S.H.O. 1949
	Carga viva de diseño original	H15-S12-44
	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 46

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 46

Tabla No. 1. Estado de la seguridad vial.

1.1. Sistema de contención vehicular del puente:	RE = 2	GD = 2
<p>Existía deformación, desprendimiento de concreto y acero de refuerzo expuesto en los dos pretiles rígidos del puente que coinciden con los sentidos de circulación (ver Figuras 1.1(a) y 1.1(b)), posiblemente debido a impactos vehiculares. Dichos elementos se encontraban severamente dañados y habían sufrido una pérdida importante de anclaje al bastión, por lo que podrían no serían capaces de contener un vehículo en caso de impacto.</p> <p>Además, la barrera vehicular 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 acorde con la demanda vehicular más actualizada posible.</p>	 <p>Figura 1.1(a). Pretil rígido impactado en acceso 1 (aguas arriba).</p>  <p>Figura 1.1(b). Pretil rígido impactado en acceso 2 (aguas abajo).</p>	



INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 16 de 46

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

<p>1.2. Sistema de contención vehicular de los accesos:</p>	<p>RE = 1</p>	<p>GD = 3</p>
<p>No se observó un sistema de contención en ninguno de los accesos del puente (ver Figura 1.2).</p> <p>La ausencia de guardavías aumenta el riesgo de caída de vehículos al cauce del río o por los terraplenes de los accesos. Los impactos en los pretilos rígidos de los accesos son evidencia de la necesidad de guardavías.</p> <div data-bbox="711 562 1442 989" data-label="Image"> </div> <p style="text-align: center;">Figura 1.2. Ausencia de guardavías en los accesos, vista desde acceso 2.</p>		
<p>1.3. Aceras, ciclovías y sus accesos:</p>	<p>RE = 2</p>	<p>GD = 1</p>
<p>El puente tenía bordillos de seguridad de 620 mm de ancho efectivo que no cumplen con el ancho mínimo especificado en la Ley 7600 (ver Figura 1.3). 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).</p> <p>Durante la inspección no se observó el tránsito de peatones.</p> <div data-bbox="719 1178 1430 1745" data-label="Image"> </div> <p style="text-align: center;">Figura 1.3. Bordillo de seguridad con ancho menor a 1200 mm.</p>		



INFORME DE EVALUACIÓN

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

<p>1.4. Señalización (captaluces, demarcación horizontal, delineadores verticales, marcadores de objeto, rótulos de identificación):</p>	<p>RE = 1</p>	<p>GD = 3</p>
<p>El puente no contaba con marcadores de objetos ni delineadores verticales frente a las barreras en ambos accesos (ver Figura 1.4(a)), aún y cuando el mismo no contaba con guardavías (ver 1.2. Sistema de contención vehicular de los accesos).</p> <p>El día de la visita no habían captaluces en los laterales ni en la línea de centro (ver Figura 1.4(b)).</p> <p>Las deficiencias en los elementos de seguridad vial, ya sea por ausencia o por deterioro, aumentan la vulnerabilidad de la ocurrencia de accidentes de tránsito, especialmente en situaciones de visibilidad limitada.</p> <p>Adicionalmente, se observó la ausencia de los rótulos de identificación en ambos accesos.</p>		



Figura 1.4(a). Ausencia de marcadores de objetos y delineadores verticales.



Figura 1.4(b). Ausencia de captaluces en los laterales y línea de centro.




INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444	Versión: 08	Página 18 de 46
----------------	-------------	-----------------

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

1.5. Iluminación:	RE = 1	GD = 0
<p>Ni el puente ni los accesos cuentan con un sistema de iluminación. 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 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 = 2
<p>La carpeta asfáltica colocada sobre la losa del puente presentaba desprendimiento de agregado y algunas grietas dispersas.</p>		
		
<p>Figura 2.1(a). Desprendimiento de agregado y grietas en carpeta colocada sobre el puente.</p>		



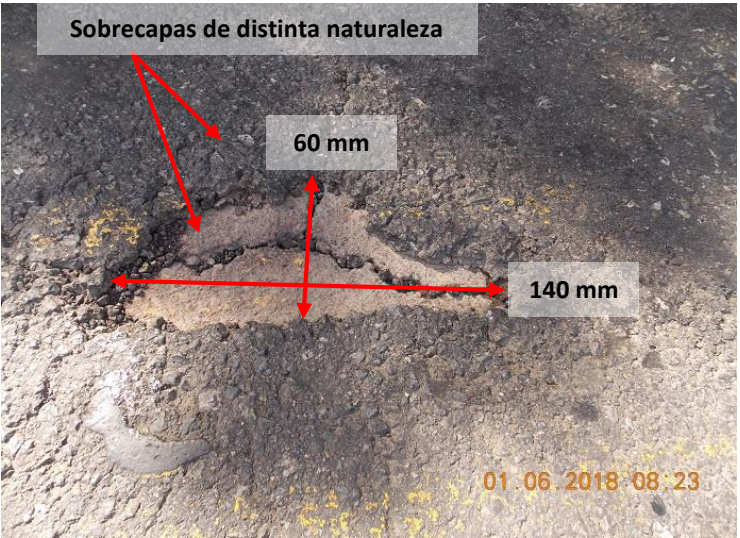
INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 19 de 46

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

2.1. Superficie de rodamiento del puente (continuación):	RE = 1	GD = 2
<p>Esta carpeta de 130 mm de espesor no está indicada en los planos originales; lo que está indicado es un sobrespesor de concreto de 13 mm el cual se desconoce en qué porcentaje se ha desgastado. Por lo tanto, dicha carpeta representa un aumento en la carga muerta sobre la estructura, lo cual podría reducir su capacidad para soportar carga viva, tomando en cuenta que la misma es para un camión HS15-44, muy inferior a las cargas de diseño actuales.</p> <p>Adicionalmente, se observó desprendimiento de material asfáltico (de hasta 140 mm x 60 mm) (ver Figura 2.1(c)), lo que permitió observar la existencia de sobrecapas de asfalto de diferente naturaleza (color negro la capa superior y roja la capa inferior) evidenciando que el espesor de sobrecapa actual es el resultado de la colocación de distintas sobrecapas en el tiempo. Así mismo, la capa inferior roja también mostraba deterioros.</p>	 <p data-bbox="747 1411 1404 1480">Figura 2.1(c). Desprendimiento de material asfáltico en carpeta colocada sobre el puente.</p>	



INFORME DE EVALUACIÓN

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 = 3
<p>Se observó acumulación de sedimentos y vegetación en los bordillos (ver Figura 2.2(a)), ocasionando la obstrucción total de los ductos del sistema de drenaje.</p> <p>La acumulación de sedimentos en los elementos del sistema de drenaje aumenta la probabilidad de acumulación de agua sobre la superficie de rueda del puente, aumentando la vulnerabilidad a accidentes debido a hidroplaneo de los vehículos.</p> <p>Los ductos del sistema drenaje poseen longitud de extensión por debajo del nivel inferior de la losa, pero estos presentan corrosión severa con pérdida de sección (ver Figura 2.2(b)).</p>	 <p data-bbox="1019 655 1263 743">Obstrucción de ductos de drenaje</p> <p data-bbox="743 1150 1409 1222">Figura 2.2(a). Acumulación de sedimentos y vegetación, bordillo aguas abajo.</p>  <p data-bbox="1068 1654 1334 1730">Pérdida de sección en ductos de drenaje 10:42</p> <p data-bbox="717 1789 1432 1852">Figura 2.2(b). Ductos de drenaje con pérdida de sección por corrosión.</p>	



INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 21 de 46

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

2.3. Juntas de expansión:

RE = 1

GD = 3

Las juntas de expansión estaban totalmente cubiertas con asfalto, por lo que no se pudo determinar el nivel de conservación de las mismas al nivel del tablero de concreto, pudiendo además estar limitando la capacidad de desplazamiento del puente. En la Figura 2.3(a) se muestra la obstrucción de la junta sobre el bastión 1, en donde ya se había formado una grieta en el asfalto en la localización de la junta.

Existe descarga de agua en menos del 10 % de área de ambos bastiones, en los extremos (ver Figuras 2.3(b) y 2.3(c)).



Figura 2.3(a). Obstrucción de junta de expansión sobre bastión 1.



Figura 2.3(b). Descarga de agua en bastión 2.



INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 22 de 46

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 = 0
No se observaron daños. No hay fotografía asociada.		
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 = NA	GD = NA
Los accesos no cuentan con muros de retención ni son necesarios. No hay fotografía asociada.		
2.7. Losa de aproximación:	RE = NI	GD = NI
No se tuvo acceso visual a la losa de aproximación, ni existe evidencia de su existencia en los planos de diseño. No hay fotografía asociada.		
2.8. Sistema de drenaje de los accesos:	RE = 1	GD = 0
El acceso desde Cañas cuenta con un canal no revestido aguas arriba; aguas abajo no posee. En el acceso desde Limonal no se cuenta con un sistema de drenaje que encauce el agua de forma controlada hacia el río. No hay fotografía asociada.		



INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 23 de 46

Tabla No. 3. Estado de conservación de la superestructura de viga tipo losa de concreto


3.1. Viga tipo losa:	RE = 3	GD = 1
<p>El puente está compuesto por una superestructura tipo viga de losa de concreto, por lo que este elemento cumple la función de tablero y viga principal.</p> <p>No se tuvo acceso visual a la cara superior del tablero debido a la superficie de rodamiento asfáltica.</p> <p>Se observaron grietas con espesores de 0,15 mm, espaciadas a más de 0,30 m y menos de 1,00 m. Estas grietas están orientadas a 45° y se ubican cerca de los extremos de la viga losa (donde se apoya sobre el bastión), lo cual evidencia agrietamiento por cortante (ver Figura 3.1 (a)). Dicho patrón de agrietamiento también se observa en el centro de la viga losa (caras externas laterales) (ver Figura 3.1 (b)), evidenciando además agrietamiento por flexión. Si bien es cierto el ancho de las grietas no indican de momento un riesgo desde el punto de vista estructural, estas deben mantenerse en observación.</p>		

Figura 3.1(a). Agrietamiento por cortante en la viga tipo losa cerca del apoyo.

Figura 3.1(b). Agrietamiento por flexión en viga losa.



INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 24 de 46

Tabla No. 4. Estado de conservación de la subestructura

<p>4.1. Apoyos en bastiones:</p>	<p>RE = 3</p>	<p>GD = 1</p>
<p>La losa se encuentra apoyada directamente sobre la viga cabezal de los bastiones, lo cual genera fricción y restringe el movimiento. Producto de esta interacción existe una falla por aplastamiento en una de las esquinas donde se encuentra apoyada la losa sobre el bastión 2 (aguas abajo) (ver Figura 4.1(a)).</p> <p>Adicionalmente, existe acumulación de sedimentos en los apoyos sobre los bastiones (ver Figura 4.1(b)).</p>	<div data-bbox="760 516 1398 963" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="711 982 1451 1052">Figura 4.1(a). Falla por aplastamiento en esquina de apoyo de losa con bastión 2 (aguas abajo).</p> <div data-bbox="706 1068 1455 1526" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="745 1545 1414 1579">Figura 4.1(b). Acumulación de sedimentos en bastión 2.</p>	
<p>4.2. Bastiones:</p>	<p>RE = 3</p>	<p>GD = 0</p>
<p>Existen grietas con espesores menores a 0,20 mm en la pantalla del muro del bastión 2 (SAEP, 2019).</p>	<p>No hay fotografía asociada.</p>	



INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 25 de 46

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

4.3. Aletones:	RE = 2	GD = 1
<p>Existe desprendimiento de concreto en aletones de ambos bastiones (ver Figuras 4.3(a) y 4.3(b)), posiblemente debido a un impacto vehicular en los pretilles rígidos (Ver 1.1. <i>Sistema de contención vehicular del puente</i>).</p>	 <p>Figura 4.3(a). Aletón con daños por impacto en pretil rígido en acceso 2 (aguas abajo).</p>	 <p>Figura 4.3(b). Aletón con daños por impacto en pretil rígido en acceso 1 (aguas arriba).</p>



INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 26 de 46

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

4.4. Cimentaciones (bastiones):	RE = NI	GD = NI
No se tuvo acceso visual a las cimentaciones.	No hay fotografía asociada.	

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


5.1. Longitud de asiento en bastiones y pilas:	RE = 2	GD = 1
<p>La longitud de asiento en el bastión 1 y 2 es de 300 mm, tal como se indica en planos constructivos. Dicha dimensión es aproximadamente un 25 % menor que el mínimo establecido en la sección 4.7.4.4 de la norma de diseño AASHTO LRFD (2014) a la cual se hace referencia en los <i>Lineamientos para diseño Sismorresistente de puentes</i> (CFIA, 2013). La longitud de asiento mínima requerida calculada según el requisito de esta normativa es de 410 mm.</p> <p>Las normas modernas de diseño sísmico de puentes especifican requisitos para la longitud de asiento para prevenir el colapso de la superestructura.</p>		

Figura 5.1. Medición de longitud de asiento en bastión 1.



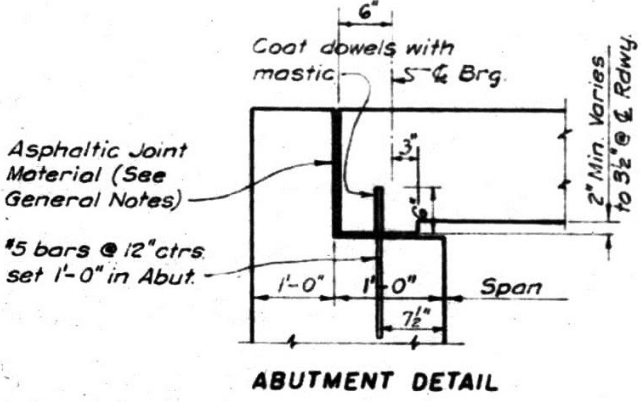
INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 27 de 46

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

<p>5.2. Dispositivos para prevención de colapso (llaves de corte, cadenas, anclajes, aislamiento sísmico):</p>	<p>RE = NI</p>	<p>GD = NI</p>
<p>El detalle de apoyo del tablero en los bastiones del puente muestra el uso de barras de acero que anclan el tablero a la viga cabezal de los bastiones (ver Figura 5.1), previniendo en principio el colapso de la estructura. Por la ubicación que poseen estos elementos no se tuvo acceso visual para su inspección.</p>	 <p style="text-align: center;">ABUTMENT DETAIL</p>	
<p>5.3. Protección de taludes de relleno de aproximación:</p>	<p>RE = 2</p>	<p>GD = 0</p>
<p>Los taludes de relleno no cuentan con un sistema de protección. Sin embargo, no se encontraron daños.</p>	<p>No hay fotografía asociada</p>	
<p>5.4. Protección de taludes frente al bastión:</p>	<p>RE = NA</p>	<p>GD = NA</p>
<p>Los taludes frente a los bastiones no cuentan con un sistema de protección. Sin embargo, no se encontraron daños. Los planos constructivos del puente no indican la construcción de este tipo de sistema.</p>	<p>No hay fotografía asociada</p>	
<p>5.5. Cauce del río:</p>	<p>RE = NA</p>	<p>GD = NA</p>
<p>El puente interactúa con el cauce del río, sin embargo no se observaron daños asociados.</p>	<p>No hay fotografía asociada</p>	



INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 28 de 46

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este informe se presentan las observaciones realizadas durante la evaluación visual de la condición del puente río Salitral 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 DEFICIENTE:

CATEGORÍA	CONDICIÓN	DESCRIPCIÓN	
		Integridad Estructural y Seguridad Vial	Necesidad de Atención
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

La calificación anterior se brinda por las siguientes razones:

- Existencia de grietas por cortante en ambos extremos de la losa con espesores de 0,15 mm y espaciadas a más de 0,30 m y menos de 1,00 m. Este mismo patrón de agrietamiento se observa en el centro de la viga losa (caras externas), evidenciando además agrietamiento por flexión.
- Losa apoyada directamente sobre la viga cabezal de los bastiones, generando fricción y restringiendo el movimiento. Producto de esta interacción existe una falla por aplastamiento en una de las esquinas donde se encuentra apoyada la losa sobre el bastión 2 (aguas abajo).
- Los pretiles rígidos del puente que coinciden con los sentidos de circulación se encontraban severamente dañados y con una pérdida importante de anclaje al bastión, por lo que no serían capaces de contener un vehículo en caso de impacto. Además, la barrera vehicular podría no cumplir con los niveles de contención TL-4 de la Especificación de Diseño AASHTO LRFD (2017), acordes con las características de tránsito y velocidad de la ruta.



INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 29 de 46

- d. Ausencia de sistemas de contención en ambos accesos del puente.
- e. Ausencia de marcadores de objetos y delineadores verticales frente a las barreras en ambos accesos del puente, aún y cuando el mismo no contaba con guardavías. Además, no habían captaluces en los laterales ni en la línea de centro.
- f. Rótulo de identificación faltante en ambos accesos.
- g. Acumulación de sedimentos y vegetación en los bordillos, ocasionando la obstrucción total de los ductos del sistema de drenaje.
- h. Ductos del sistema drenaje presentan corrosión severa con pérdida de sección.
- i. Juntas de expansión totalmente cubiertas con asfalto, pudiendo estar limitando la capacidad de desplazamiento del puente.



INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 30 de 46

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):

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. <i>Bordillos y sistema de drenaje del puente</i>	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. <i>Juntas de expansión</i>	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"), 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.

Tabla No. 7 - Mantenimiento basado en la condición:

Elementos	Recomendaciones
1.1. <i>Sistema de contención vehicular del puente.</i> 4.3. <i>Aletones</i>	Reparar y restablecer los pretiles rígidos a su posición original, así mismo reparar los elementos que estaban conectados a estos, tal como los aletones.



INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 31 de 46

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

Elementos	Recomendaciones
<p>1.2. 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 con las recomendaciones del fabricante respectivo. Anclar adecuadamente los guardavías al pretil rígido de la barrera vehicular (una vez este haya sido reparado), 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>1.4. 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 marcadores de objeto hasta que se instalen los guardavías.</p> <p>Colocar captaluces sobre los laterales y la línea de centro del puente.</p> <p>Colocar rótulo de identificación en ambos accesos. Considerar agregar una placa con la carga de diseño del puente, tanto en su condición actual como si es rehabilitado.</p>
<p>2.2. Bordillos y sistema de drenaje del puente</p>	<p>Por la condición observada en sitio de corrosión severa en las salidas, se recomienda reemplazar los ductos de drenaje con tubos adecuadamente anclados a la estructura, cuya longitud se extienda al menos 100 mm por debajo del nivel inferior de la losa (según la sección 2.6.6.4 de la especificación AASHTO LRFD 2017).</p>
<p>4.2. Bastiones</p>	<p>Sellar las grietas observadas en las pantalla del muro del bastión 2.</p>



INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 32 de 46

Tabla No. 8 - Rehabilitación:

Elementos	Recomendaciones
<p>1.1. Sistema de contención vehicular del puente</p>	<p>Evaluar la posibilidad de establecer un proyecto en los puentes de la Ruta Nacional No. 1 entre Limonal y Cañas de 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>Mientras se valora dicha sustitución, reparar las barreras según la recomendación 1.1. Sistema de contención vehicular del puente (ver Tabla No. 7)</p>
<p>1.3. 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 33 de 46

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

Elementos	Recomendaciones
Puente en general	<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>Además, considerar que el puente soporta una sobrecapa de asfalto, la cual implica un sobrepeso adicional, no tomada en cuenta en los planos originales, la cual se debe determinar si afecta negativamente la capacidad de carga viva del puente.</p> <p>Valorar la necesidad de ampliar la meseta de asiento de los bastiones, según lo establecido en el capítulo 8 del Manual de rehabilitación sísmica FHWA (FHWA, 2006) y los Lineamientos para Diseño Sismorresistente de Puentes (CFIA, 2013).</p>



INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 34 de 46

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 y rehabilitación de la estructura. En caso de ser requerido se recomienda procurar la asesoría profesional específica en los aspectos que se mencionaron en los puntos anteriores.



INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 35 de 46

7. REFERENCIAS

1. AASHTO (2016). *The Manual for Assessing Safety Hardware 2nd Edition*. American Association of State Highway and Transportation Officials. Washington, D.C., USA.
2. AASHTO (2017). *LRFD Bridge Design Specifications 8th Edition*. American Association of State Highway and Transportation Officials. Washington, D.C., USA.
3. AASHTO (2018). *The Manual for Bridge Evaluation. 3rd Edition*. American Association of State Highway and Transportation Officials. Washington, D.C., USA.
4. 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.
5. 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.
6. Departamento de Comercio de Estados Unidos, Oficina de Carreteras Públicas (1955). *Puente sobre el río Salitral*. Versión: Planos finales de diseño [pdf], Carretera Interamericana, Ministerio de Obras Públicas y Transportes, Costa Rica.
7. 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.
8. 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.
9. 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.



INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 36 de 46

10. 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.
11. MOPT (2019). *Sistema de Administración de Estructuras de Puentes (SAEP)*. http://saep.conavi.go.cr:9080/SAEP_CONAVI_Web/login.faces. 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.



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 37 de 46

ANEXO A Glosario.



INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 38 de 46

- **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 39 de 46

- **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 40 de 46

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 41 de 46

Página intencionalmente dejada en blanco



INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 42 de 46

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 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



INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 43 de 46

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

Código: RC-444

Versión: 08

Página 44 de 46

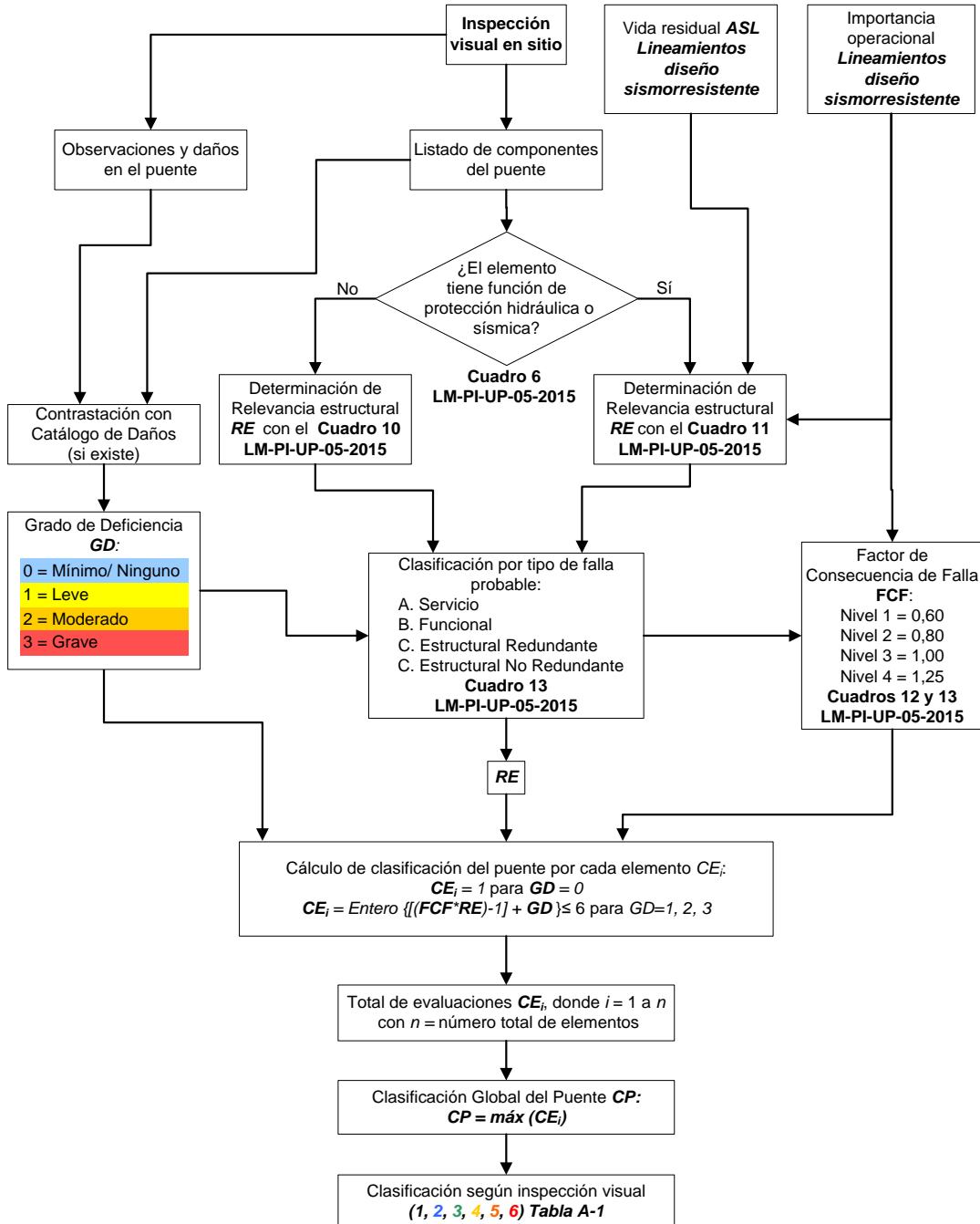


Figura B-1. Diagrama de flujo con metodología para calificar cualitativamente la condición del puente de acuerdo con informe LM-PI-UP-05-2015



INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 45 de 46

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 46 de 46
----------------	-------------	-----------------



LanammeUCR

RC-451

Calificación de la condición del puente según la evaluación visual

Versión: 01

Página: 1/1

Nombre del puente y Ruta	Río Salitral, Ruta No. 1		Importancia Operacional (LDSP)	Crítico			
Fecha Evaluación	05/09/2019		TPD (veh/día)	7394			
Año de construcción o diseño	1959		Vida de diseño según código (años)	50			
ELEMENTO	RE	GD	DESCRIPCIÓN DE DAÑOS O REFERENCIA A TABLA DE INFORME	TIPO DE FALLA	FCF	CE _i	
SEGURIDAD VIAL	Barrera vehicular (puente)	2	2	Tabla No. 1, aspecto 1.1	B	0,8	3
	Barrera vehicular (accesos)	1	3	Tabla No. 1, aspecto 1.2	A	0,6	3
	Aceras	2	1	Tabla No. 1, aspecto 1.3	B	0,8	2
	Señalización Vial	1	3	Tabla No. 1, aspecto 1.4	A	0,6	3
	Rotulación Carga/Altura Máxima	1	No Aplica	Tabla No. 1, aspecto 1.4	A	0,6	
	Iluminación	1	0	Tabla No. 1, aspecto 1.5	A	0,6	1
ACCESORIOS	Superficie de rodamiento (puente)	1	1	Tabla No. 2, aspecto 2.1	A	0,6	1
	Sistema de drenaje del puente	1	3	Tabla No. 2, aspecto 2.2	A	0,6	3
	Juntas de expansión	1	3	Tabla No. 2, aspecto 2.3	A	0,6	3
ACCESOS	Superficie de rodamiento (acceso)	1	0	Tabla No. 2, aspecto 2.4	A	0,6	1
	Relleno de aproximación	2	0	Tabla No. 2, aspecto 2.5	B	0,8	1
	Losa de aproximación	2	No Insp.	Tabla No. 2, aspecto 2.7	B	0,8	
	Muros de contención en accesos	2	No Aplica	Tabla No. 2, aspecto 2.6	B	0,8	
SUPERESTRUCTURA	Tablero	3	1	Tabla No. 3, aspecto 3.1	C	1	3
	Vigas principales de concreto	3	1	Tabla No. 3, aspecto 3.2	C	1	3
TIPO VIGAS	Vigas diafragma de concreto o acero	2	No Aplica	Tabla No. 3, aspecto 3.3	B	0,8	
SUBESTRUCTURA	Apoyos	3	1	Tabla No. 4, aspecto 4.1	C	1	3
	Aletones	2	1	Tabla No. 4, aspecto 4.3	B	0,8	2
	Bastiones: Viga cabezal	3	0	Tabla No. 4, aspecto 4.2	C	1	1
	Bastiones: Cuerpo	3	0	Tabla No. 4, aspecto 4.2	C	1	1
	Bastiones: Cimentación	3	No Insp.	Tabla No. 4, aspecto 4.4	C	1	
ELEMENTOS DE PROTECCIÓN SÍSMICA	Longitud de asiento (pedestales)	2	1	Tabla No. 5, aspecto 5.1	C	1	2
	Llaves de corte	2	No Aplica	Tabla No. 5, aspecto 5.2	C	1	
ELEMENTOS DE PROTECCIÓN	Cadenas/ anclajes/ postensión externa	2	No Insp.	Tabla No. 5, aspecto 5.2	C	1	
	Dispositivos especiales	2	No Aplica	Tabla No. 5, aspecto 5.2	C	1	
ELEMENTOS DE PROTECCIÓN	Protección de taludes de rellenos	2	0	Tabla No. 2, aspecto 5.3	C	1	1
	Escollera de protección	2	No Aplica	Tabla No. 5, aspecto 5.4	C	1	
					CP =	3	Condición Deficiente

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