

INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 1 de 52

Programa de Ingeniería Estructural

Proyecto: LM-PIE-UP-P07-2019

EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PUENTE SOBRE EL RÍO JABILLA 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 52 |
|----------------|-------------|----------------|

Página intencionalmente dejada en blanco

INFORME DE EVALUACIÓN

| | | |
|----------------|-------------|----------------|
| Código: RC-444 | Versión: 08 | Página 3 de 52 |
|----------------|-------------|----------------|

Información técnica del documento

| | | | |
|---|--|--|----------------------------------|
| 1. Informe: LM-PIE-UP-P07-2019 | | 2. Copia No. 1 | |
| 3. Título y subtítulo: EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PUENTE SOBRE EL RÍO JABILLA 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 Jabilla, 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> | | | |
| 8. Palabras clave Puentes, Ruta Nacional No. 01, río Jabilla, Evaluación de condición. | | 9. Nivel de seguridad: Ninguno | 10. Núm. de páginas 52 |
| 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 52

Página intencionalmente dejada en blanco



INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 5 de 52

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 | 35 |
| 7. | REFERENCIAS..... | 41 |
| | ANEXO A GLOSARIO..... | 43 |
| | ANEXO B CRITERIOS PARA CLASIFICAR EL ESTADO DE CONSERVACIÓN DEL PUENTE..... | 46 |



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 6 de 52

Página intencionalmente dejada en blanco



INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 7 de 52

1. INTRODUCCIÓN

Este informe de *evaluación* del puente sobre el río Jabilla 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 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 52

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 Javillos*. 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 52

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 52

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°23'59"N de latitud / 85°04'52"O de longitud |
| | Río que cruza | Río Jabilla |
| 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 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 52



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

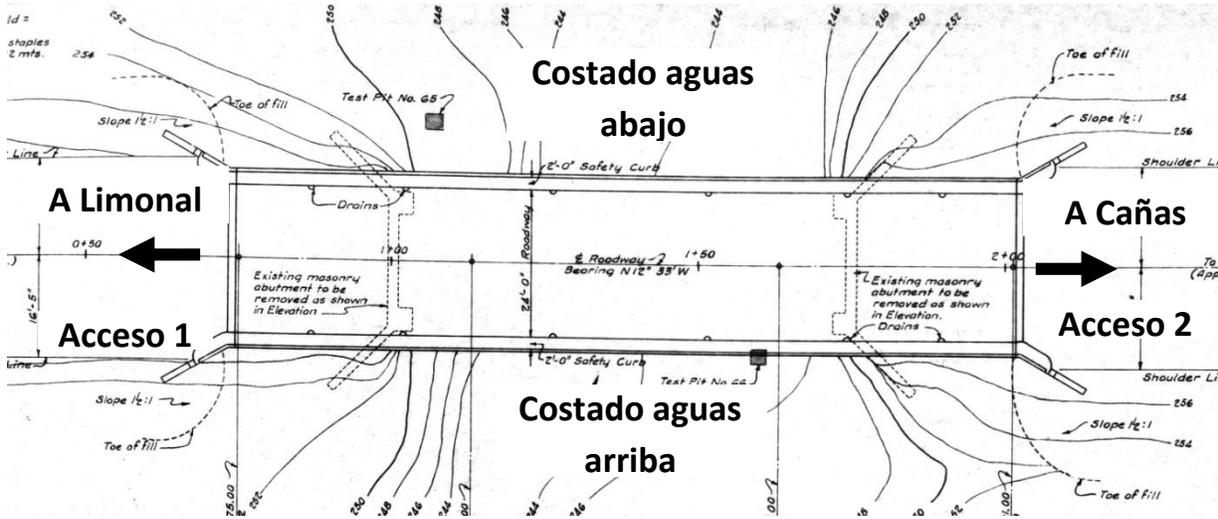


Figura C. Vista lateral (costado aguas abajo).

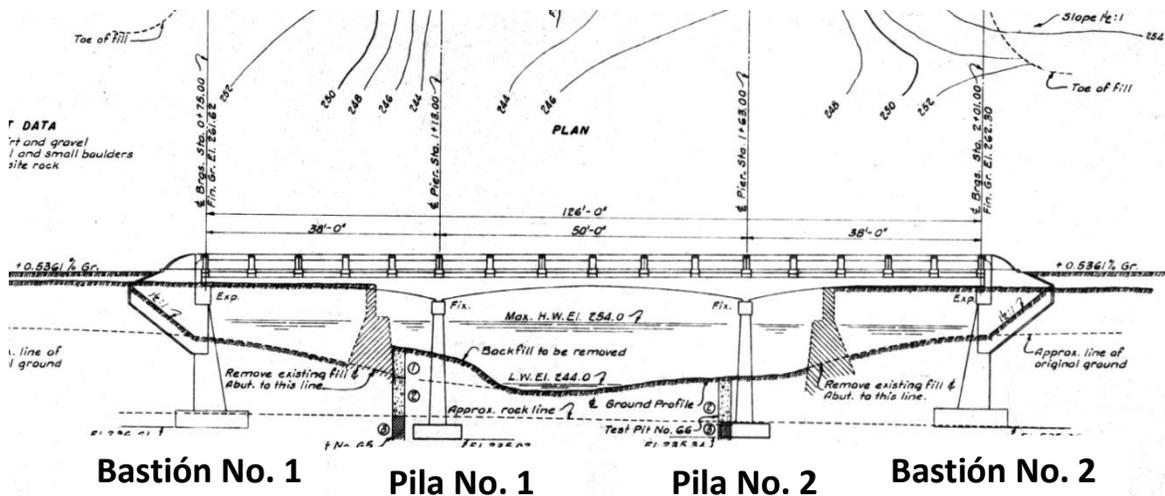


INFORME DE EVALUACIÓN

| | | |
|----------------|-------------|-----------------|
| Código: RC-444 | Versión: 08 | Página 12 de 52 |
|----------------|-------------|-----------------|



(a) Vista en planta



(b) Elevación

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



INFORME DE EVALUACIÓN

| | | |
|----------------|-------------|-----------------|
| Código: RC-444 | Versión: 08 | Página 13 de 52 |
|----------------|-------------|-----------------|

Tabla No. B. Características básicas del puente.

| | | |
|------------------------------|--|---|
| Geometría | Tipo de estructura | Puente |
| | Longitud total (m) | 38,8 |
| | Ancho total (m) | 9,0 |
| | Ancho de calzada (m) | 7,4 |
| | Número de tramos | 3 |
| | Alineación del puente | Recto |
| | Número de carriles | 2 (1 por sentido) |
| Superestructura | Número de superestructuras | 1 |
| | Tipo de superestructura (elementos principales) | Superestructura 1 , tipo viga continua con vigas principales tipo T de altura variable de concreto reforzado. |
| | Tipo de tablero | Losa de concreto reforzado. |
| Apoyos | Tipo de apoyo en bastiones | Bastión 1 y 2 : apoyo expansivo. |
| | Tipo de apoyo en pilas | Pila 1 y 2 : apoyo fijo. |
| Subestructura | Número de elementos | Bastiones: 2 Pilas: 2 |
| | Tipo de bastiones | Bastión 1 y 2 , tipo marco de concreto reforzado. |
| | Tipo de pilas | Pila 1 y 2 , tipo marco de concreto reforzado. |
| | Tipo de cimentación | Placas de cimentación. |
| Diseño y construcción | Año de diseño | 1955 (según planos) |
| | Año de construcción | 1959 (según placa adosada al puente) |
| | Especificación de diseño original | A.A.S.H.O. 1953 |
| | 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 52

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 52 |
|----------------|-------------|-----------------|

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 y corroído en el pretil rígido ubicado en el acceso desde Cañas (aguas abajo) (ver Figura 1.1(a)), posiblemente debido a un impacto vehicular. Dicho elemento se encontraba severamente dañado y había sufrido una pérdida importante de anclaje al bastión (ver Figura 1.1(b)), por lo que no sería capaz de contener un vehículo en caso de impacto.</p> <p>Además, la barrera vehicular es muy probable que no cumpla con los niveles de contención TL-4 establecidos en la <i>Especificación de Diseño AASHTO LRFD</i> (2017), 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 2 (aguas abajo).</p>  <p>Figura 1.1(b). Pérdida de anclaje en pretil rígido en acceso 2 (aguas abajo).</p> | |



INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 16 de 52

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

| 1.1. Sistema de contención vehicular del puente (continuación): | RE = 2 | GD = 2 |
|--|---|--------|
| <p>Existía desprendimiento de concreto y acero de refuerzo expuesto en elementos que soportan la barrera y la anclan a losa (ver Figura 1.1(c)). Además, se observaron manchas de humedad y un recubrimiento deficiente en dichas zonas, por lo que estos deterioros se han dado por causa de la delaminación del concreto.</p> <p>La barrera presentaba diferencias en el alineamiento vertical con respecto a los pretiles rígidos sobre los bastiones en ambos extremos del puente (aproximadamente 20 mm, ver Figura 1.1(d)). Esta diferencia también se apreció en el bordillo de seguridad. Sin embargo, no se observaron consecuencias estructurales asociadas en la superestructura ni evidencias de daño en la subestructura debido a estas diferencias de nivel.</p> |  <p>Figura 1.1(c). Desprendimiento de concreto y acero de refuerzo expuesto en elementos que soportan la barrera, vista inferior.</p>  <p>Figura 1.1(d). Vista lateral de diferencia de nivel entre pretil rígido y barrera de contención vehicular.</p> | |



INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 17 de 52

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

| 1.2. Sistema de contención vehicular de los accesos: | RE = 1 | GD = 3 |
|---|--|--------|
| <p>No se observó un sistema de contención en ninguno de los accesos del puente (ver Figura 1.2(a)).</p> <p>La ausencia de guardavías aumenta el riesgo de caída de vehículos al cauce del río o por los terraplenes de los accesos.</p> <p>Adicionalmente, la aproximación al puente por el acceso desde Cañas posee un tramo de ruta en curva previo a la sección recta del acceso (ver Figura 1.2(b)), incrementando el riesgo de accidentes que puedan provocar la ocurrencia de vehículos errantes.</p> |  <p>Figura 1.2(a). Ausencia de sistema de contención en los accesos, vista desde acceso 2.</p>  <p>Figura 1.2(b). Vista hacia Cañas (acceso 2) en donde se observa la sección curva de la carretera.</p> | |



INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 18 de 52

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

| 1.3. Aceras, ciclovías y sus accesos: | RE = 2 | GD = 2 |
|--|---|--------|
| <p>El puente tiene bordillos de seguridad de 620 mm de ancho efectivo que no cumplen con el ancho mínimo especificado en la Ley 7600 de 1200 mm. 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>Se observó el tránsito de peatones, (incluidos niños) durante la inspección (ver Figura 1.3(a)).</p> <p>Existen grietas transversales de 0,85 mm de espesor, espaciadas a más de 0,70 m y menos de 1,00 m en la cara superior de la acera (ver Figura 1.3(b)).</p> |  <p>Figura 1.3(a). Bordillo de seguridad y tránsito de peatones.</p>  <p>Figura 1.3(b). Agrietamiento en bordillo (cara superior).</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 = 1</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 cuenta con guardavías (ver 1.2. Sistema de contención vehicular de los accesos).</p> <p>Se evidenció acumulación de sedimentos a lo largo de los bordillos, ocultando parcialmente algunos captaluces (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> | <div data-bbox="711 541 1453 989" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="760 1010 1393 1073">Figura 1.4(a). Ausencias de marcadores de objetos y delineadores verticales frente a las barreras.</p> <div data-bbox="711 1150 1453 1682" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="711 1703 1442 1766">Figura 1.4(b). Captaluces ocultos parcialmente a causa de la acumulación de sedimentos en bordillos.</p> | |



INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 20 de 52

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

| | | |
|--|--|----------------------|
| <p>1.4. Señalización (captaluces, demarcación horizontal, delineadores verticales, marcadores de objeto, rótulos de identificación) (continuación):</p> | <p>RE = 1</p> | <p>GD = 1</p> |
| <p>Ausencia de rótulo de identificación en el acceso desde Limonal y rótulo de identificación impactado en el acceso desde Cañas (ver Figuras 1.4(c) y 1.4(d)).</p> | <div data-bbox="732 541 1417 848" data-label="Image"> <p>Ausencia de rótulo de identificación</p> </div> <p>Figura 1.4(c). Ausencia de rótulo de identificación, vista desde acceso 1.</p> <div data-bbox="737 953 1412 1335" data-label="Image"> <p>Rótulo impactado</p> </div> <p>Figura 1.4(d). Rótulo de identificación impactado, vista desde acceso 2.</p> | |
| <p>1.5. Iluminación:</p> | <p>RE = 1</p> | <p>GD = 0</p> |
| <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> | | |



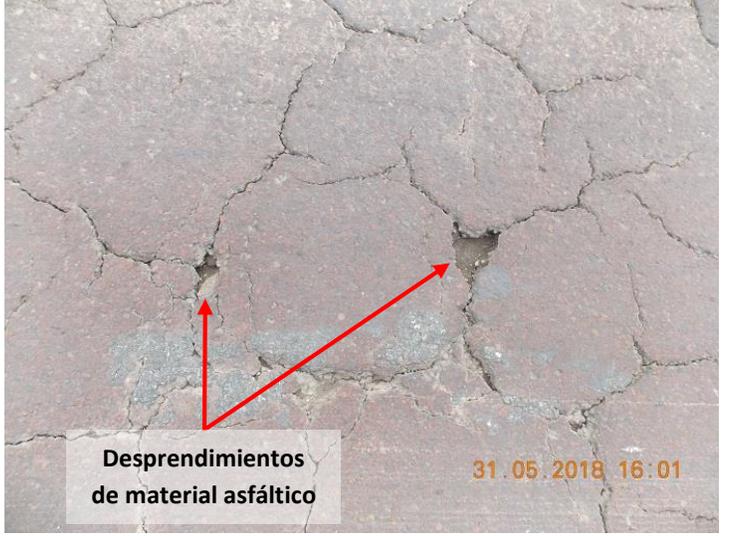
INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 21 de 52

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

| 2.1. Superficie de rodamiento del puente: | RE = 1 | GD = 3 |
|--|--|---|
| <p>La carpeta asfáltica colocada sobre la losa del puente presentaba agrietamiento por fatiga (cuero de lagarto) extendido sobre toda la superficie superior. Además, se observaron desprendimientos de material asfáltico de dimensiones de hasta 150 mm x 100 mm (ver Figuras 2.1(a) y 2.1(b)).</p> <p>Esta carpeta de 80 mm de espesor no está indicada en los planos originales; lo que está indicado más bien es un sobreespesor 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>Figura 2.1(a). Agrietamiento por fatiga en carpeta asfáltica colocada sobre el puente.</p> |  <p>Figura 2.1(b). Desprendimientos de material asfáltico en carpeta colocada sobre el puente.</p> |



INFORME DE EVALUACIÓN

| | | |
|----------------|-------------|-----------------|
| Código: RC-444 | Versión: 08 | Página 22 de 52 |
|----------------|-------------|-----------------|

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 |
| <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>Se observó acumulación de sedimentos y vegetación en los bordillos (ver Figura 2.2(a)), ocasionando la obstrucción total de algunos ductos del sistema de drenaje</p> <p>La acumulación de sedimentos en los elementos del sistema de drenaje aumenta la probabilidad acumulación de agua sobre la superficie de ruedo del puente, aumentando la vulnerabilidad a accidentes debido a hidroplaneo de los vehículos.</p> <p>Los ductos del sistema drenaje descargan directamente sobre los elementos principales de la superestructura (ver Figura 2.2(b)). La descarga de agua sobre los elementos estructurales podría propiciar un deterioro acelerado.</p> </div> <div style="width: 45%;">  <p>Figura 2.2(a). Acumulación de sedimentos y vegetación en bordillos.</p>  <p>Figura 2.2(b). Descarga de agua sobre elementos estructurales.</p> </div> </div> | | |



INFORME DE EVALUACIÓN

| | | |
|----------------|-------------|-----------------|
| Código: RC-444 | Versión: 08 | Página 23 de 52 |
|----------------|-------------|-----------------|

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

| 2.3. Juntas de expansión: | RE = 1 | GD = 3 |
|---|---|--------|
| <p>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 2, en donde ya se habían formado grietas en el asfalto en la localización de la junta.</p> |  <p>Figura 2.3(a). Obstrucción de junta de expansión sobre bastión 2.</p> | |
| <p>Existe descarga de agua en aproximadamente 35% del área de las vigas cabezal de ambos bastiones (ver Figura 2.3(b)). Esto sucede en ambos extremos del bastión a pesar de la obstrucción que existe en la junta, lo cual se debe a la grieta que se forma en la superficie superior (ver Figura 2.3(a)) y la filtración de agua desde el extremo del bordillo de seguridad, y podría indicar un problema de sello de la junta original. La descarga de agua sobre los elementos estructurales propicia su deterioro.</p> |  <p>Figura 2.3(b). Descarga de agua en bastión 1.</p> | |

T



INFORME DE EVALUACIÓN

| | | |
|----------------|-------------|-----------------|
| Código: RC-444 | Versión: 08 | Página 24 de 52 |
|----------------|-------------|-----------------|

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 = 2 |
|--|---------------|---------------|

La carpeta asfáltica colocada sobre ambos accesos presentaba desprendimiento de agregado y grietas de borde espaciadas a más de 1,50 m y menos de 2,00 m (ver Figuras 2.4(a) y 2.4(b)).

En el caso del acceso desde Cañas (acceso 2) existía un agrietamiento más generalizado en la carpeta asfáltica (ver Figura 2.4(b)).



Figura 2.4(a). Deterioros en carpeta asfáltica, acceso 1.



Figura 2.4(b). Deterioros en carpeta asfáltica, acceso 2.



INFORME DE EVALUACIÓN

| | | |
|----------------|-------------|-----------------|
| Código: RC-444 | Versión: 08 | Página 25 de 52 |
|----------------|-------------|-----------------|

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 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 = NA | GD = NA |
| No se observaron sistemas de drenaje en los accesos ni se consideran necesarios. | No hay fotografía asociada | |



INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 26 de 52

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

| 3.1. Tablero (losa de concreto): | RE = 3 | GD = 1 |
|--|--|--------|
| <p>No se tuvo acceso visual a la cara superior del tablero debido a la superficie de rodamiento asfáltica.</p> <p>En la cara inferior se observaron grietas a lo largo de las juntas de construcción con espesores mayores a 0,30 mm (ver Figuras 3.1(a) y 3.2(b)); estas grietas se extienden hacia ambos lados de las vigas y por debajo de estas (ver 3.2. Vigas principales de concreto).</p> <p>Adicionalmente, tales grietas presentaban manchas de eflorescencia sin acumulación de carbonato de calcio.</p> |  <p data-bbox="779 1108 1347 1144">Figura 3.1(a). Vista inferior del tablero, tramo 2.</p>  <p data-bbox="779 1728 1347 1764">Figura 3.2(b). Vista inferior del tablero, tramo 3.</p> | |



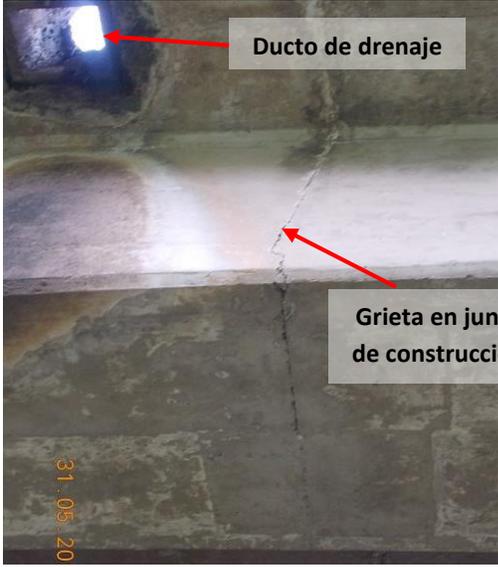
INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 27 de 52

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

| 3.2. Vigas principales de concreto: | RE = 3 | GD = 2 |
|---|--|---|
| <p>Las grietas observadas en las juntas de construcción de la losa (ver 3.1. Tablero (losa de concreto)) se extienden hacia ambos lados de las vigas y por debajo de estas con espesores mayores a 0,30 mm (ver Figuras (3.2(a) y 3.2(b))). Además, dichas grietas se encuentran en zonas cercanas a los ductos de drenaje, los cuales no tienen extensiones (ver 2.2. Bordillos y sistema de drenaje del puente), lo cual propicia un deterioro más acelerado.</p> |  <p>Figura 3.2(a). Agrietamiento de viga principal que coincide con grietas en las juntas de construcción del tablero.</p> |  <p>Figura 3.2(b). Agrietamiento de viga principal que coincide con grietas en las juntas de construcción del tablero.</p> |



INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 28 de 52

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

| 3.2. Vigas principales de concreto (continuación): | RE = 3 | GD = 2 |
|---|---|--------|
| <p>Se observaron grietas verticales con espesores menores a 0,30 mm, y espaciadas a menos de 0,30 m al centro de vigas principales de los tres tramos del puente, lo cual evidencia grietas por flexión (ver Figura 3.2(c)).</p> <p>Existen grietas diagonales en evidencia por cortante, con espesores de 0,10 mm en ambos extremos de las vigas principales donde se encuentran apoyadas sobre los bastiones (ver Figura 3.2(d)).</p> |  <p data-bbox="748 1087 1393 1117">Figura 3.2(c). Grietas por flexión en vigas del tramo 1.</p>  <p data-bbox="708 1759 1435 1822">Figura 3.2(d). Agrietamiento por cortante en extremo de viga principal apoyada sobre bastión 2.</p> | |



INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 29 de 52

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

| 3.3. Vigas diafragma: | RE = 2 | GD = 2 |
|--|---|--------|
| <p>Existe desprendimiento de concreto y acero de refuerzo expuesto con corrosión en viga diafragma ubicada sobre la pila 1, entre viga externa aguas arribas y viga central (ver Figura 3.3(a)).</p> <p>Se observa agrietamiento en viga diafragma ubicadas sobre la pila 2 (ver Figura 3.3(b)).</p> |  <p>Figura 3.3(a). Desprendimiento de concreto y acero de refuerzo expuesto en viga diafragma ubicada sobre pila 1.</p>  <p>Figura 3.3(b). Agrietamiento en viga diafragma ubicada sobre pila 2.</p> | |



INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 30 de 52

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

| 4.1. Apoyos en bastiones y pilas: | RE = 3 | GD = 1 |
|---|--|--------|
| <p>Las vigas se apoyan directamente sobre los bastiones, lo cual restringe la capacidad de movimiento de la superestructura (ver figura 4.1(a)).</p> <p>Existía acumulación de sedimentos, humedad y vegetación en los extremos de la viga cabezal de ambos bastiones en la zona de los apoyos (ver figura 4.1(b)).</p> |  <p>Figura 4.1(a). Apoyo directo de las vigas sobre los bastiones.</p>  <p>Figura 4.1(b). Acumulación de sedimentos y presencia de humedad y vegetación en apoyos sobre bastión 1.</p> | |



INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 31 de 52

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

| | | |
|--|---------|---------|
| 4.2. Bastiones: | RE = 3 | GD = 0 |
| <p>No se observaron daños en los bastiones.</p> <p style="text-align: right;">No hay fotografía asociada</p> | | |
| 4.3. Aletones: | RE = 2 | GD = 1 |
| <p>Existe desprendimiento de concreto en aletón del bastión ubicado en el acceso desde Cañas (aguas abajo) (ver Figura 4.3). Dicho desprendimiento se da por causa de un aparente impacto vehicular en el pretil rígido (ver 1.1. Sistema de contención vehicular del puente).</p> <div style="text-align: right;">  </div> <p style="text-align: center;">Figura 4.3. Aletón con daños por impacto en acceso 2 (aguas abajo).</p> | | |
| 4.4. Pilas (viga cabezal, cuerpo): | RE = 3 | GD = 0 |
| <p>No se observaron daños en las pilas.</p> <p style="text-align: right;">No hay fotografía asociada</p> | | |
| 4.5. Cimentaciones (pilas y bastiones): | RE = NI | GD = NI |
| <p>No se tuvo acceso visual a las cimentaciones.</p> <p style="text-align: right;">No hay fotografía asociada</p> | | |



INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 32 de 52

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

| | | |
|--|----------------------|----------------------|
| <p>5.1. Longitud de asiento en bastiones y pilas:</p> | <p>RE = 2</p> | <p>GD = 1</p> |
| <p>La longitud de asiento en el bastión 1 y 2 es de 380 mm (ver Figura 5.1.) tal como se indica en planos constructivos.</p> <p>Dicha dimensión no cumple por un margen menor al 20 % con el mínimo establecido en la sección 4.7.4.4 de la norma de diseño AASHTO LRFD (2017) 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 460 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> | | |
| | | |
| <p>Figura 5.1. Medición de longitud de asiento en bastión 1.</p> | | |
| <p>5.2. Dispositivos para prevención de colapso (llaves de corte, cadenas, anclajes, aislamiento sísmico):</p> | <p>RE = 2</p> | <p>GD = 2</p> |
| <p>El puente no cuenta con este tipo de dispositivos.</p> <p style="text-align: right;">No hay fotografía asociada</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 style="text-align: right;">No hay fotografía asociada</p> | | |



INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 33 de 52

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

| | | |
|---|----------------------|----------------------|
| <p>5.4. Protección de taludes frente al bastión:</p> | <p>RE = 2</p> | <p>GD = 0</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 style="text-align: center;">No hay fotografía asociada</p> | | |
| <p>5.5. Protección de socavación en pilas:</p> | <p>RE = 2</p> | <p>GD = 1</p> |
| <p>Las pilas no cuentan con un sistema de protección contra la socavación y además tienen forma rectangular, lo que incrementa la vulnerabilidad.</p> <p>Se observó socavación de la pila 2 aguas arriba, esta no ha pasado la pantalla por lo que se considera leve (ver Figuras 5.5(a) y 5.5(b)).</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div data-bbox="727 919 1409 1310" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="695 1331 1442 1360" data-label="Caption"> <p>Figura 5.5(a). Socavación en pila 2, aguas arriba (vista lateral).</p> </div> <div data-bbox="737 1381 1399 1759" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="683 1780 1453 1810" data-label="Caption"> <p>Figura 5.5(b). Socavación en pila 2, aguas arriba (vista superior).</p> </div> </div> | | |



INFORME DE EVALUACIÓN

| | | |
|----------------|-------------|-----------------|
| Código: RC-444 | Versión: 08 | Página 34 de 52 |
|----------------|-------------|-----------------|

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

| 5.6. <i>Cauce del río:</i> | <i>RE =</i> NA | <i>GD =</i> NA |
|--|----------------------------|----------------|
| El puente interactúa con el cauce del río, sin embargo no se observaron daños. | No hay fotografía asociada | |



INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 35 de 52

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

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

| 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:

- Se observaron grietas verticales con espesores menores a 0,30 mm, y espaciadas a menos de 0,30 m al centro de vigas principales de los tres tramos, lo cual evidencia grietas por flexión.
- Existen grietas diagonales en evidencia por cortante, con espesores de 0,10 mm en ambos extremos de las vigas principales donde se encuentran apoyadas sobre los bastiones.
- Grietas en las juntas de construcción de la losa y que se extienden hacia ambos lados de las vigas y por debajo de estas. Dichas grietas poseen espesores mayores a 0,30 mm.



INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 36 de 52

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. 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, por lo menos una vez al año al final de la época seca. |
| 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. |
| 2.4. Superficie de rodamiento de los accesos | Incluir en el programa de conservación del tramo, la superficie de rodamiento colocada en los accesos del puente. |
| 4.1. Apoyos en bastiones y pilas | Incluir en el programa de conservación la limpieza de la zona de los apoyos del puente. |



INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 37 de 52

Tabla No. 7 - Mantenimiento basado en la condición:

| Elementos | Recomendaciones |
|--|--|
| <p>1.1. Sistema de contención vehicular del puente</p> <p>4.3. Aletones</p> | <p>Valorar la posibilidad sustituir o readecuar las barreras vehiculares según la recomendación 1.1. Sistema de contención vehicular del puente (Tabla 8).</p> <p>Mientras se valora dicha intervención, reparar las deficiencias observadas para proteger el acero de refuerzo expuesto en la parte inferior de la barrera y restaurar la integridad del elemento: preparar la superficie, limpiar la corrosión del refuerzo y colocar material específicamente formulado para reparaciones. Restablecer el pretil rígido impactado a su posición original; así mismo, reparar los elementos que estaban conectados a este, tal es el caso del aletón.</p> |
| <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). Anclar adecuadamente 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>1.3. Aceras, ciclovías y sus accesos</p> | <p>Sellar las grietas mediante un producto que recomiende un representante de productos para sellado de grietas como la solución más adecuada.</p> <p>Ver también recomendación 1.3. Aceras, ciclovías y sus accesos (Tabla 8).</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.</p> <p>Colocar rótulo de identificación en el acceso desde Limonal. Considerar agregar una placa con la carga de diseño del puente, ya sea en su condición actual o si es rehabilitado.</p> |
| <p>2.2. 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 38 de 52

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

| Elementos | Recomendaciones |
|---|--|
| 5.5. <i>Protección de socavación en pilas</i> | Establecer un programa de mantenimiento periódico contra socavación en las pilas del puente. |

Tabla No. 8 - Rehabilitación:

| Elementos | Recomendaciones |
|--|--|
| 1.1. <i>Sistema de contención vehicular del puente</i> | <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. Mientras se valora dicha sustitución, reparar las barreras según la recomendación 1.1. <i>Sistema de contención vehicular del puente</i> (ver Tabla No. 7).</p> |
| 1.3. <i>Aceras, ciclovías y sus accesos</i> | 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. |



INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 39 de 52

Tabla No. 8 - Rehabilitación:

| Elementos | Recomendaciones |
|---------------------------------|---|
| <p>Puente en general</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. 1953, 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>Adicionalmente, incluir en el análisis un estudio de vulnerabilidad sísmica de la estructura para determinar las medidas de intervención en los bastiones y la necesidad de construir llaves de cortante del puente, de acuerdo con lo indicado en los Lineamientos para Diseño Sismorresistente de Puentes (CFIA, 2013) y en los manuales a los cuales hace referencia.</p> <p>Además, valorar la posibilidad de establecer un programa de rehabilitación del puente, en donde se incluya la ampliación de la meseta de asiento de los bastiones, según los Lineamientos para Diseño Sismorresistente de Puentes (CFIA, 2013) y en lo establecido en el capítulo 8 del Manual de Rehabilitación Sísmica FHWA (2006).</p> <p>Sustituir los apoyos por dispositivos que consideren los requerimientos de diseño y las condiciones ambientales del puente.</p> |



INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 40 de 52

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 de la conservación, 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 41 de 52

REFERENCIAS

1. AASHTO (2011). *Roadside Design Guide. 4th Edition*. American Association of state Highway and Transportation Officials.
2. AASHTO (2016). *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. Departamento de Comercio de Estados Unidos, Oficina de Carreteras Públicas (1955). *Puente sobre el río Javillos*. Versión: Planos finales de diseño [pdf], Carretera Interamericana, Ministerio de Obras Públicas y Transportes, 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 42 de 52

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. NCHRP (1993). *Recommended Procedures for the Safety Performance Evaluation of Highway Features. NCHRP Report 350*. National Cooperative Highway Research Program. Transportation Research Board.
13. NCHRP (2014). *Final Report: Recommended Guidelines for the Selection of Test Levels 2 through 5 Bridge Railings. NCHRP 22-12(03) – Road Safe LLC*. National Cooperative Highway Research Program. Transportation Research Board.
14. 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.
15. 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.
16. 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 43 de 52

ANEXO A Glosario.



INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 44 de 52

- **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 45 de 52

- **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 46 de 52

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 47 de 52

Página intencionalmente dejada en blanco



INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 48 de 52

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 49 de 52

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 50 de 52

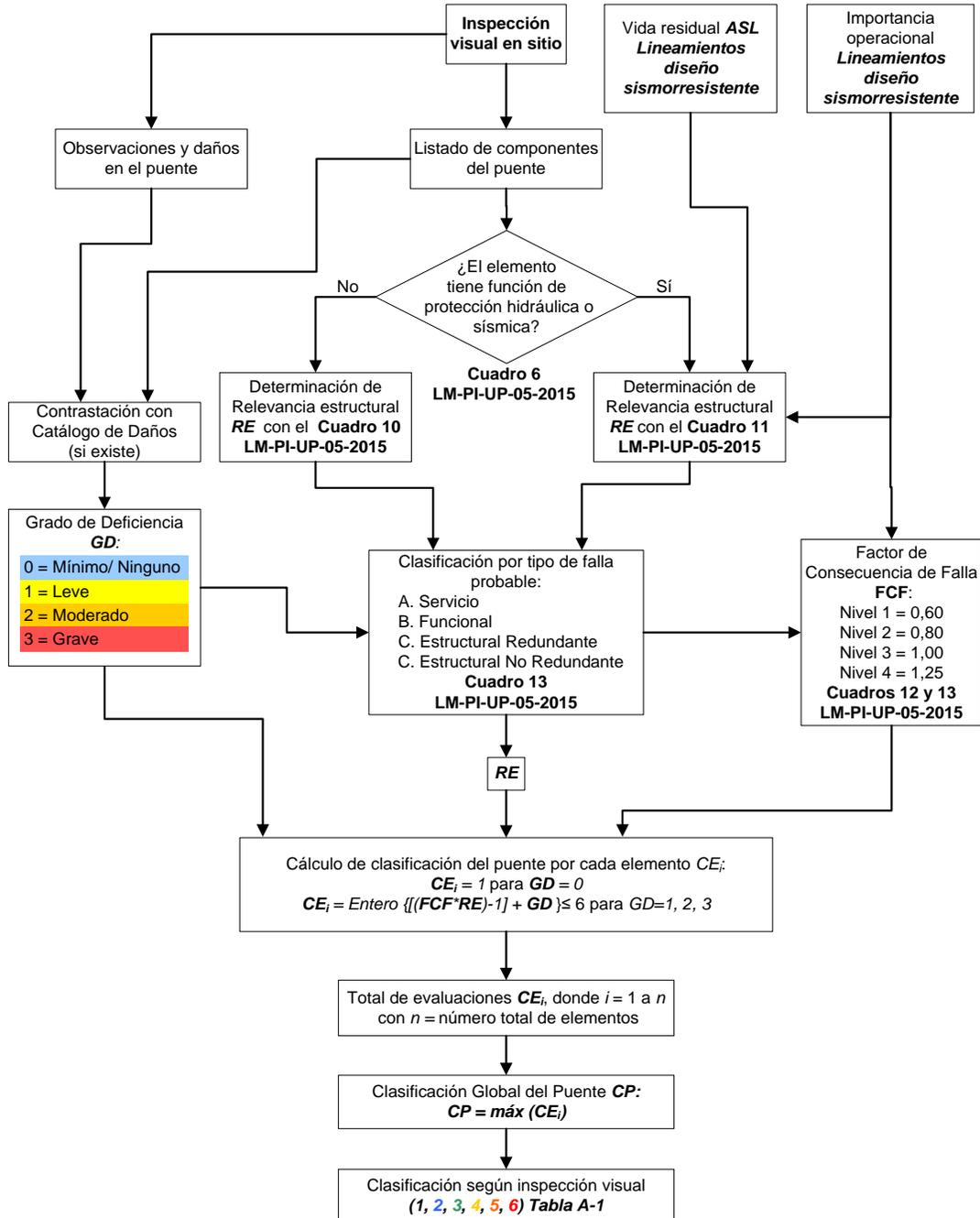


Figura B-1. Diagrama de flujo con metodología para calificar cualitativamente la condición del puente de acuerdo con informe LM-PI-UP-05-2015

INFORME DE EVALUACIÓN

Código: RC-444

Versión: 08

Página 51 de 52

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 52 de 52 |
|----------------|-------------|-----------------|



LanammeUCR

RC-451

Calificación de la condición del puente según la evaluación visual

Versión: 01

Página: 1/1

| | | | | | | | |
|-------------------------------------|-------------------------------------|-----------|---|--------------------------|------------|--------------|----------|
| Nombre del puente y Ruta | Río Jabilla, 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 | 50 | | | |
| ELEMENTO | RE | GD | DESCRIPCIÓN DE DAÑOS U REFERENCIA A TABLA DE | TIPO DE FALLA | FCF | CE ; | |
| 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 | 2 | Tabla No. 1, aspecto 1.3 | B | 0,8 | 3 |
| | Señalización Vial | 1 | 1 | Tabla No. 1, aspecto 1.4 | A | 0,6 | 1 |
| | Rotulación Carga/Altura Máxima | 1 | No Aplica | Tabla No. 1, aspecto 1.4 | A | 0,6 | |
| ACCESORIOS | Iluminación | 1 | 0 | Tabla No. 1, aspecto 1.5 | A | 0,6 | 1 |
| | Superficie de rodamiento (puente) | 1 | 3 | Tabla No. 2, aspecto 2.1 | A | 0,6 | 3 |
| | Sistema de drenaje del puente | 1 | 2 | Tabla No. 2, aspecto 2.2 | A | 0,6 | 2 |
| | Juntas de expansión | 1 | 3 | Tabla No. 2, aspecto 2.3 | A | 0,6 | 3 |
| | Superficie de rodamiento (acceso) | 1 | 2 | Tabla No. 2, aspecto 2.4 | A | 0,6 | 2 |
| ACCESOS | 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 TIPO VIGAS | Tablero | 3 | 1 | Tabla No. 3, aspecto 3.1 | C | 1 | 3 |
| | Vigas principales de concreto | 3 | 2 | Tabla No. 3, aspecto 3.2 | C | 1 | 4 |
| | Vigas diafragma de concreto o acero | 2 | 2 | Tabla No. 3, aspecto 3.3 | B | 0,8 | 3 |
| 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 4.5 | C | 1 | |
| | Pilas: Viga cabezal | 3 | 0 | Tabla No. 4, aspecto 4.4 | C | 1 | 1 |
| | Pilas: Cuerpo marco con pantalla | 3 | 0 | Tabla No. 4, aspecto 4.4 | D | 1 | 1 |
| Pila: Cimentación | 4 | No Insp. | Tabla No. 4, aspecto 4.5 | D | 1 | | |
| ELEMENTOS DE PROTECCIÓN SÍSMICA | Longitud de asiento (pedestales) | 2 | 1 | Tabla No. 5, aspecto 5.1 | C | 1 | 2 |
| | Llaves de corte | 2 | 2 | Tabla No. 5, aspecto 5.2 | C | 1 | 3 |
| ELEMENTOS DE PROTECCIÓN HIDRÁULICA | Cadenas/ anclajes/ postensión exte | 2 | No Aplica | Tabla No. 5, aspecto 5.2 | C | 1 | |
| | Dispositivos especiales | 2 | No Aplica | Tabla No. 5, aspecto 5.2 | C | 1 | |
| ELEMENTOS DE PROTECCIÓN HIDRÁULICA | 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 | |
| ELEMENTOS DE PROTECCIÓN HIDRÁULICA | Protección de socavación en pilas | 2 | 1 | Tabla No. 5, aspecto 5.5 | C | 1 | 2 |
| | CFP = | | | | | | 4 |
| Condición | | | | | | Seria | |

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