

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P19-2017	Página 1/47	VERSIÓN 04

Programa de Ingeniería Estructural

Proyecto: LM-PIE-UP-P19-2017

EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PUENTE SOBRE EL RÍO SANTA INÉS RUTA NACIONAL No. 01

Preparado por:
Unidad de Puentes
LanammeUCR



San José, Costa Rica
Noviembre, 2017

	<p>Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR</p> <p>INFORME DE EVALUACIÓN</p>	<p>Código: RC-444</p>	
	<p>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P19-2017</p>	<p>Página 2/47</p>	<p>VERSIÓN 04</p>

Página intencionalmente dejada en blanco

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P19-2017	Página 3/47	VERSIÓN 04

Información técnica del documento

1. Informe: LM-PIE-UP-P19-2017		2. Copia No. 1	
3. Título y subtítulo: EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PUENTE SOBRE EL RÍO SANTA INÉS RUTA NACIONAL No.01		4. Fecha del Informe Noviembre, 2017	
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 Santa Inés, 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 Santa Inés, Evaluación de condición.		9. Nivel de seguridad: Ninguno	10. Núm. de páginas 47
11. Inspección e informe por: Ing. Luis Guillermo Vargas Alas Unidad de Puentes	12. Inspección y revisión por: Ing. Pablo Agüero Barrantes Unidad de Puentes	13. Revisado y aprobado por: Ing. Esteban Villalobos Vega Coordinador a.i. Unidad de Puentes	
14. Revisado por: Lic. Miguel Chacón Alvarado Asesor Legal LanammeUCR	15. Revisado y aprobado por: Ing. Rolando Castillo Barahona Coordinador Programa de Ingeniería Estructural		

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P19-2017	Página 4/47	VERSIÓN 04

Página intencionalmente dejada en blanco

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P19-2017		Página 5/47

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	7
2. OBJETIVOS	7
3. ALCANCE DEL INFORME	8
4. DESCRIPCIÓN.....	9
5. ESTADO DE CONSERVACION Y SEGURIDAD VIAL DEL PUENTE.....	14
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	34
7. REFERENCIAS.....	38
ANEXO A CRITERIOS PARA CLASIFICAR EL ESTADO DE CONSERVACIÓN DEL PUENTE.....	41

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P19-2017	Página 6/47	VERSIÓN 04

Página intencionalmente dejada en blanco

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P19-2017	Página 7/47	VERSIÓN 04

1. INTRODUCCIÓN

Este informe de evaluación del puente sobre el río Santa Inés, 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. La inspección del puente se realizó el día 04 de noviembre de 2016.

Debido a una posible afectación del huracán Otto en la estructura, la cual se encuentra ubicada en una de las zonas donde la Comisión Nacional de Emergencias declaró con mayor regularidad alertas amarillas y rojas durante el evento, se realizó una re-evaluación de la interacción del cauce del río con las pilas y ambas márgenes del cauce en el sitio del puente. Esta reevaluación se realizó el día 23 de febrero de 2017.

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

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P19-2017	Página 8/47	VERSIÓN 04

3. ALCANCE DEL INFORME

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

Se entiende por inspección 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.

Se entiende por evaluación la determinación de la condición del puente a partir de las observaciones realizadas durante la inspección. Como resultado de la evaluación se le asigna una calificación al puente de acuerdo con una metodología desarrollada por la Unidad de Puentes, en el informe LM-PI-UP-05-2015. En el Anexo A 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 obtienen de los planos de diseño, si es que esta información está disponible. Estas dimensiones se verifican mediante mediciones realizadas en sitio de varios elementos clave del puente. Las dimensiones obtenidas de los planos se pueden utilizar 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.

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.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P19-2017	Página 9/47	VERSIÓN 04

4. DESCRIPCIÓN

El puente evaluado se ubica en la Ruta Nacional No. 01 (Carretera Interamericana Norte), en la sección de control 50040 y cruza el río Santa Inés. Desde el punto de vista administrativo, se ubica en el distrito Liberia, del cantón Liberia, en la provincia de Guanacaste. Sus coordenadas, en el sistema geográfico de ubicación, corresponden con: 10°39'00"N de latitud y 85°27'48"O de longitud. La figura A muestra la ubicación geográfica del puente.



Figura A. Ubicación geográfica del puente (adaptado de Street Maps).

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P19-2017	Página 10/47	VERSIÓN 04

La ruta clasifica como primaria y tiene un tránsito promedio diario de 4519 vehículos por día en la sección de control donde se ubica el puente, según el Anuario de tránsito 2015, publicado por la Dirección de Planificación Sectorial del MOPT. Se debe indicar que el porcentaje de vehículos pesados es de 26.88%, de los cuales el 12.92% corresponde a camiones de 5 ejes.

La Tabla 1 resume las características básicas del puente y las figuras B y C presentan dos de las vistas principales del puente, la vista a lo largo de la línea de centro y una vista lateral respectivamente.

Para éste puente en particular, sí se tuvo acceso a los planos del diseño original. La figura D muestra la identificación utilizada en este informe cuando se hace referencia a ciertos elementos del puente, la cual también coincide con la que se utiliza en los planos.



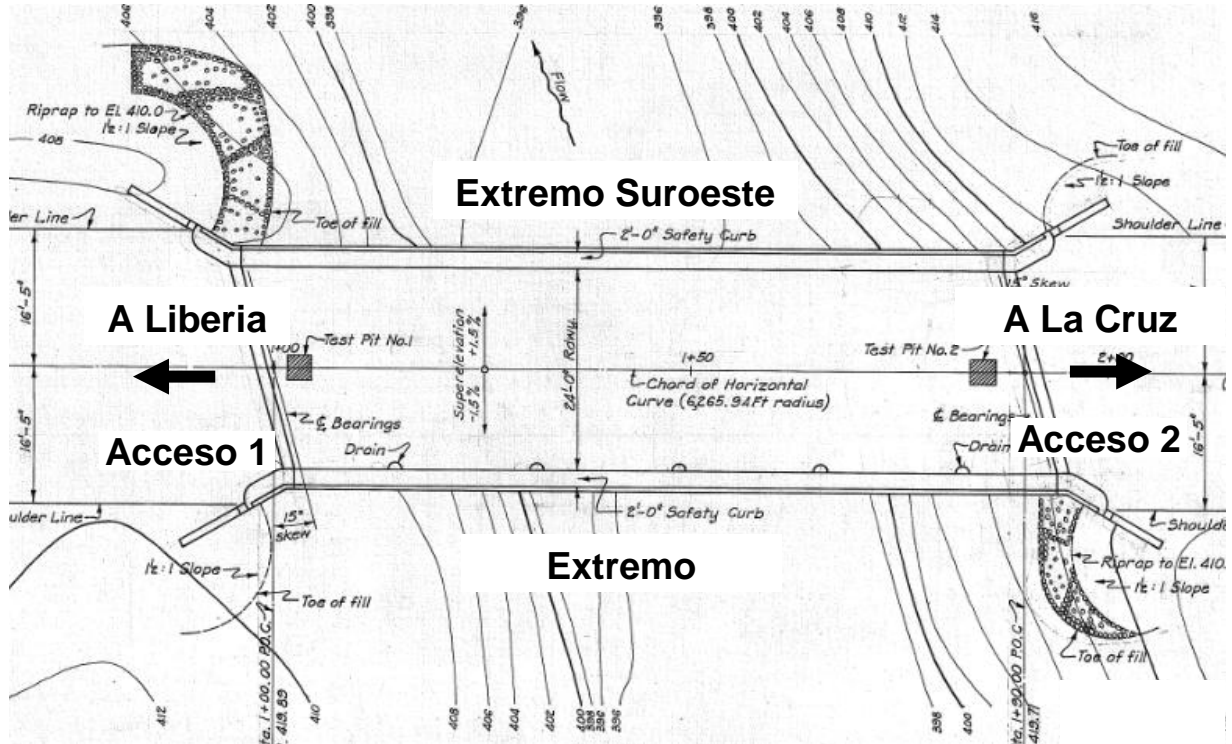
Figura B. Vista a lo largo de la línea de centro

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P19-2017	Página 11/47	VERSIÓN 04

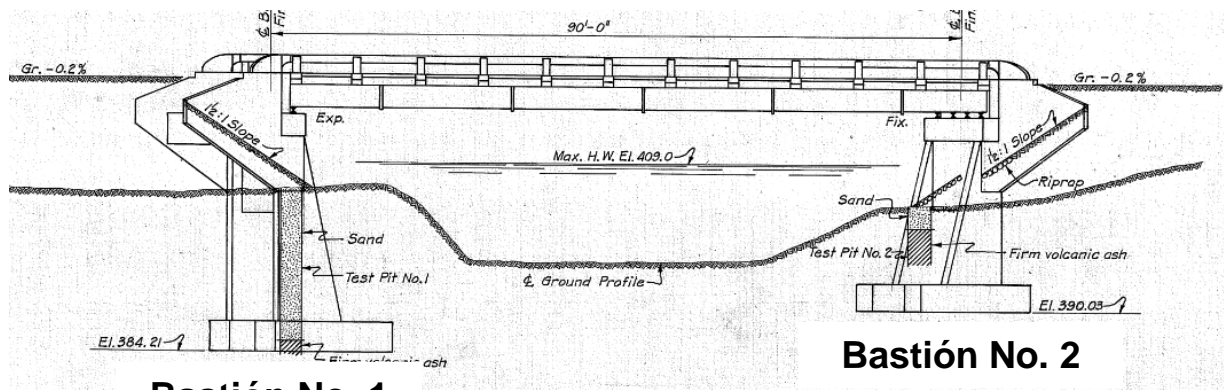


Figura C. Vista lateral

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444	
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P19-2017	Página 12/47	VERSIÓN 04



(a) Vista en planta



(b) Elevación

Figura D. Identificación utilizada para el puente sobre el río Santa Inés.

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P19-2017	Página 13/47	VERSIÓN 04

Tabla No. 1. Características básicas del puente.

Geometría	Tipo de estructura	Puente
	Longitud total (m)	28.1
	Ancho total (m)	9.3
	Ancho de calzada (m)	7.4
	Número de tramos	1
	Alineación del puente	Sesgada (ángulo de sesgo de 15°)
	Número de carriles	2
Superestructura	Número de superestructuras	1
	Tipo de superestructura (elementos principales)	Superestructura 1, tipo viga simple con vigas principales tipo I de acero.
	Tipo de tablero	Losa de concreto reforzado.
Apoyos	Tipo de apoyo en bastiones	Bastión 1: apoyo expansivo. Bastión 2: apoyo fijo.
Subestructura	Número de elementos	Bastiones: 2
	Tipo de bastiones	Bastiones 1 y 2, tipo marco de concreto reforzado.
	Tipo de cimentación	Placa de cimentación.
Diseño y construcción	Año de diseño	1955
	Año de construcción	1959
	Especificación de diseño original	A.A.S.H.O 1953
	Carga viva de diseño original	H15-S12-44 (HS15-44)
	Año de reforzamiento/rehabilitación	No se tiene información.
	Especificación utilizada para el reforzamiento/ rehabilitación	No se tiene información.
	Carga viva de diseño utilizada para el reforzamiento/ rehabilitación	No se tiene información.

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P19-2017	Página 14/47	VERSIÓN 04

5. ESTADO DE CONSERVACION Y SEGURIDAD VIAL DEL PUENTE

Los resultados de la evaluación del puente se presentan en 4 áreas: (a) Seguridad vial, (b) Superficie de rodamiento, accesorios, accesos y otros, (c) Superestructura y (d) Subestructura. De esta manera se describe la condición del puente de una manera simple y ordenada y al mismo tiempo se ofrecen recomendaciones para realizar mantenimiento, mejoras y reparaciones y si fuera necesario se recomienda la realización de inspecciones detalladas y estudios especializados. Estas observaciones y recomendaciones se resumen en las Tablas No.2 a No.6 las cuales se presentan a continuación.

En dichas tablas se presentan dos columnas llamadas GD y CE, las cuales corresponden, respectivamente, al Grado de Deficiencia (GD) y la Condición Evaluada (CE) para cada elemento del puente de acuerdo como se definen en el informe LM-PI-UP-05-2015 y en el Anexo A. Los valores numéricos de GD y CE, se refieren al estado de deterioro observado el día de la evaluación y se asignan de acuerdo con el componente más dañado que se observa en el respectivo ítem 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 GD y CE también podrían aparecer las siguientes expresiones: "NI" cuando el elemento no pudo ser inspeccionado por dificultades de acceso o "NA" cuando el elemento no se encontraba en el tipo de puente evaluado.

En el Anexo A se puede consultar el procedimiento y la definición de las variables que intervienen para determinar la Condición Evaluada (CE) a partir del grado de deficiencia (GD) observado.

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444	
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P19-2017	Página 15/47	VERSIÓN 04

Tabla No. 2. Estado de la seguridad vial.

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
2.1. Sistema de contención vehicular del puente	<p>Se encontraron grietas con espesores entre 0.3 mm y 1.0 mm espaciadas a menos de 0.30 m a lo largo de las barreras vehiculares de ambos costados del puente (ver figura 1).</p> <p>La barrera vehicular podría no cumplir con los niveles de contención de la Especificación de diseño AASHTO LRFD (AASHTO 2014), debido a que fue diseñada con una normativa mucho más antigua.</p>	1	2	<p>Revisar si la barrera vehicular tiene capacidad estructural para cumplir con las especificaciones para el nivel de contención TL-4 como mínimo, utilizando los métodos indicados en el Apéndice A13 del capítulo 13 de la <i>Especificación de diseño AASHTO LRFD</i> (AASHTO, 2014).</p> <p>Si se determina que el sistema no tiene capacidad estructural, decidir entre reforzar la barrera existente o sustituirla por un sistema en el que se haya demostrado la capacidad del sistema para un nivel de contención TL-4 como mínimo evaluando mediante pruebas la suficiencia estructural, el riesgo para los ocupantes de un vehículo que impacte contra el sistema y el comportamiento del vehículo posterior al impacto (AASHTO, 2014).</p> <p>Mientras se decide reforzar o sustituir la barrera, incluir dentro de un programa de mantenimiento periódico del puente el sello de las grietas observadas en la barrera.</p>
2.2. Sistema de contención vehicular de los accesos	<p>No se observaron sistemas de contención vehicular en los accesos, lo cual, implica un riesgo de accidentes de tránsito por salida de vehículos de la vía hacia el cauce del río (ver figura 2).</p>	3	3	<p>Establecer un programa de mantenimiento periódico en donde se coloquen sistemas de contención vehicular en los accesos al puente.</p> <p><i>(Continúa en la página siguiente)</i></p>

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444	
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P19-2017	Página 16/47	VERSIÓN 04

Tabla No. 2. Estado de la seguridad vial (*continuación*).

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
2.2. Sistema de contención vehicular de los accesos (<i>continuación</i>)	<i>Ver observaciones en la página anterior</i>	3	3	<p><i>(Continúa de la página anterior)</i></p> <p>Para definir las longitudes requeridas, ángulos de esviaje, anchos de trabajo, condiciones de anclaje y transiciones con el sistema de contención del puente se recomienda consultar las especificaciones de los fabricantes y el <i>Manual SCV: Guía para el análisis y diseño de seguridad vial de márgenes de carretera</i> (Valverde, 2011).</p>
2.3. Aceras y sus accesos	<p>El puente tiene bordillos de seguridad de 650 mm de ancho que se utilizan como acera.</p> <p>Este ancho de 650 mm no cumple con el ancho requerido por la Ley 7600 (ver figura 3).</p> <p>El día de la visita al sitio no se observaron peatones sobre el puente, aunque existen poblados cercanos al puente y no se descarta tránsito peatonal y de ciclistas.</p>	1	2	<p>Realizar un estudio de la cantidad de tránsito peatonal y de ciclistas en el sitio del puente para decidir si es necesario establecer un proyecto para la ampliación de la sección transversal del puente con aceras y ciclovías, como parte de la rehabilitación del puente, o la construcción de un paso para peatones y ciclistas independiente a la estructura actual.</p> <p>Mientras se decide si se realiza alguno de los proyectos anteriores para dar facilidades para el tránsito seguro de peatones y ciclistas, colocar señales de advertencia a los conductores sobre la presencia de peatones y ciclistas en la vía, en caso de que el estudio de la cantidad de tránsito peatonal y de ciclistas así lo justifique.</p>

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444	
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P19-2017	Página 17/47	VERSIÓN 04

Tabla No. 2. Estado de la seguridad vial (*continuación*).

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
2.4. Rótulos de carga/ altura máxima e Identificación	<p>El rótulo de identificación del acceso desde La Cruz se encontró deformado (ver figura 2).</p> <p>No se requieren rótulos de altura máxima y no se observaron rótulos que indiquen que el puente tiene una restricción de carga.</p>	NA	NA	Colocar rótulos de identificación que indiquen el nombre del río que cruza y el número de ruta nacional.
2.5. Señalización <ul style="list-style-type: none"> • Captaluces • Demarcación horizontal • Delineadores verticales • Marcadores de objeto 	<p>La demarcación horizontal y los captaluces se encontraban en buena condición según la <i>Guía de evaluación de seguridad vial para puentes en Costa Rica</i> (Zamora-Rojas, Jiménez-Romero, Acosta-Hernández, Castillo-Barahona, Rodríguez-Roblero y Quirós-Serrano, 2012). Exceptuando la línea de borde del costado aguas abajo que se encuentra en mal estado debido a que está borrosa (ver figura 4).</p> <p>No se encontraron marcadores de objetos ni delineadores verticales frente a la barrera (ver figura 2).</p> <p>La ausencia de elementos de señalización vial aumenta el riesgo de accidentes de tránsito en las inmediaciones del puente, principalmente en condiciones de baja visibilidad.</p>	2	2	Como parte de un programa de mantenimiento periódico, colocar marcadores de objeto frente a las barreras y guardavías del puente, y demarcar la línea de borde del costado aguas abajo.
2.6. Iluminación	No hay iluminación en el puente ni en los accesos. La misma no se requiere, siempre que se brinde el mantenimiento adecuado a la demarcación.	1	1	Ninguna

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P19-2017	Página 18/47	VERSIÓN 04

Tabla No. 3. Estado de conservación de la superficie de rodamiento, accesorios y accesos.

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
3.1. Superficie de rodamiento del puente	<p>Se encontró una capa de mezcla asfáltica sobre el puente como superficie de rodamiento, la cual, se encuentra en buena condición. Los planos de diseño del puente no indican la colocación de una capa de mezcla asfáltica.</p> <p>La sobrecapa de asfalto sobre el puente representa un aumento en la carga muerta de la estructura, lo que reduce su capacidad de carga viva.</p>	3	3	<p>Analizar si la capa de mezcla asfáltica existente afecta negativamente la capacidad de carga de la superestructura. Ver recomendaciones en 4.1 y 4.2 para evaluación de la capacidad de carga viva de la superestructura.</p> <p>En el caso que la capacidad de carga viva de la superestructura del puente se vea reducida por la capa de mezcla asfáltica, eliminar o reducir el espesor de la capa, según las recomendaciones que brinde la evaluación estructural de capacidad de carga.</p>
3.2. Bordillos y sistema de drenaje del puente	<p>Se encontraron sedimentos acumulados en los bordillos y en las cercanías de las entradas del sistema de drenaje del puente (ver figura 3).</p> <p>Se observó una estructura de soporte de una tubería de servicio soldada a los ductos de salida del sistema de drenaje, ubicados al costado aguas arriba, lo cual a su vez, genera corrosión en las tuberías de los servicios (ver figura 5).</p> <p>No se observaron ductos de salida en el costado aguas abajo debido a que el puente tiene peralte.</p>	1	1	<p>Establecer un programa de mantenimiento rutinario donde se incluya la limpieza del sistema de drenaje del puente.</p> <p>Monitorear que la tubería de servicio no obstruya la salida del agua por el sistema de drenaje del puente.</p> <p>De ser necesario, coordinar la reubicación de la tubería de servicio.</p>

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P19-2017	Página 19/47	VERSIÓN 04

Tabla No. 3. Estado de conservación de la superficie de rodamiento, accesorios y accesos
(continuación).

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
3.3. Juntas de expansión	<p>Se encontró mezcla asfáltica de la superficie de rodamiento sobre ambas juntas de expansión. Aunque, se encontró un corte en la carpeta asfáltica a lo largo de las juntas, esto no garantiza que se puedan desplazar según las consideraciones de diseño (ver figura 6).</p> <p>Se observaron manchas de humedad entre un 10% y un 50% del área de las vigas cabezal de ambos bastiones, producto del ingreso de agua a través de las juntas de expansión (ver figura 12).</p> <p>El ingreso de agua es evidencia de que el sello de las juntas está ausente (junta abierta) o que se encuentra dañado y perdió sus propiedades impermeables.</p>	3	3	<p>Eliminar la obstrucción por mezcla asfáltica de las juntas sobre los bastiones B1 y B2, y evaluar el estado de las juntas para determinar las acciones a seguir acorde con su estado de conservación.</p> <p>En caso de ser necesario, incluir dentro de estas acciones la colocación de un sello impermeable en las juntas.</p> <p>Establecer procedimientos en los programas de mantenimiento periódico de carreteras para evitar la obstrucción de juntas de expansión de puentes al recarpetear la carretera.</p> <p>Si se decide rehabilitar o sustituir la losa del puente según lo indicado en <i>4.1 Tablero</i>, sustituir las juntas, realizando previamente un análisis para determinar el tipo de junta a utilizar acorde con los requerimientos de diseño y condiciones ambientales del puente.</p> <p>Seguir en donde aplique, los procedimientos especificados en el <i>Manual de especificaciones generales para la conservación de carreteras, caminos y puentes MCV-2015</i> (MOPT, 2015)</p>
3.4. Superficie de rodamiento de los accesos	No se observaron daños	0	1	Ninguna

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P19-2017	Página 20/47	VERSIÓN 04

Tabla No. 3. Estado de conservación de la superficie de rodamiento, accesorios y accesos (continuación).

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
3.5. Rellenos de aproximación y taludes de accesos	No se observaron daños.	0	1	Ninguna
3.6. Muros de retención de los accesos	No se observaron muros de retención en los accesos	NA	NA	Ninguna
3.7. Losa de aproximación	No se tuvo acceso a las losas de aproximación del puente, ni se tiene evidencia de su existencia en los planos de diseño.	NI	NI	Ninguna
3.8. Sistema de drenaje de los accesos	El sistema de drenaje de los accesos descarga lejos de los bastiones, por lo cual, no se observaron daños relacionados con este aspecto.	NA	NA	Ninguna
3.9. Vibración	Las vibraciones en el puente fueron perceptibles y se producían únicamente con el paso de vehículos pesados y se disipaban rápidamente, lo cual se considera normal.	NA	NA	Ninguna

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444	
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P19-2017	Página 21/47	VERSIÓN 04

Tabla No. 4. Estado de conservación de la superestructura de vigas de acero.

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
4.1. Tablero (losa de concreto).	<p>En la superficie inferior de la losa, se observaron grietas a lo largo de todas las juntas de construcción con manchas de humedad, que indican que está ingresando agua a través de la losa lo cual aumenta el riesgo de que se genere corrosión en el acero de refuerzo (ver figura 7).</p> <p>Además, en la superficie inferior de la losa se encontraron grietas en una dirección, con sentido longitudinal y anchos que oscilan entre 0,20 mm y 0,40 mm, lo cual, indica que podrían deberse a retracción del concreto. Estas grietas se encontraban en menos del 50 % de la losa (ver figura 8).</p> <p>No fue posible evaluar la superficie superior de la losa debido a la carpeta asfáltica colocada.</p>	1	3	<p>Realizar una evaluación detallada del tablero para evaluar la capacidad estructural y la condición de durabilidad del acero de refuerzo y del concreto de la losa, con el fin de justificar si se debe realizar su reforzamiento y la reparación de los deterioros observados o si se debe sustituir.</p>
4.2. Vigas principales de acero	<p>Se observaron desprendimientos puntuales de la capa superficial de pintura de las vigas principales. (ver figura 10)</p> <p>Además, se observaron puntos de corrosión distribuidos en toda la superficie de las vigas principales. (ver figura 10)</p> <p>También se observaron zonas con corrosión puntual, debido a que en esos puntos se tiende a acumular agua que salpica de la lluvia y por el agua que ingresa a través de las juntas de expansión (ver figura 10)</p>	1	3	<p>Debido a la presencia de la sobrecapa de asfalto, evaluar la capacidad de carga viva de la superestructura utilizando la metodología LRFR descrita en el Manual AASHTO para Evaluación de puentes (AASHTO, 2011)</p> <p>Establecer un programa de mantenimiento periódico del puente que incluya la protección con un sistema de pinturas las vigas principales, vigas diafragma y apoyos del puente.</p> <p><i>(Continúa en la página siguiente)</i></p>

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN	
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P19-2017	Página 22/47
		VERSIÓN 04

Tabla No. 4. Estado de conservación de la superestructura de vigas de acero (*continuación*).

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
4.2. Vigas principales de acero (<i>continuación</i>)	<i>Ver observaciones en la página anterior</i>	1	3	<i>(Continúa de la página anterior)</i> En donde aplique seguir los procedimientos descritos en el <i>Manual de Especificaciones para la conservación de carreteras, caminos y puentes MCV-2015</i> (MOPT, 2015b) para la protección de superficies metálicas.
4.3. Vigas Diafragma de acero	<p>Todas las vigas diafragma de acero se observaron con puntos de corrosión distribuidos en el 100% del área del elemento. (ver figura 9).</p> <p>Las vigas diafragma de los extremos del puente, ubicadas sobre los bastiones, tienen un peralte tres veces más pequeño que el peralte de las vigas principales, lo cual puede provocar un mal comportamiento de la estructura ante carga lateral. Esta carga lateral inducida por la masa inercial de la losa, la barrera vehicular y la carpeta asfáltica ante un movimiento sísmico, se transmite de la losa a los apoyos a través de las vigas diafragma de los extremos. Al tener una viga diafragma de borde tan flexible, existe la posibilidad de que se presenten daños en la losa o vigas principales.</p>	1	2	<p>Establecer un programa de mantenimiento periódico del puente que incluya la limpieza y pintura de las vigas principales, vigas diafragma y apoyos del puente.</p> <p>En donde aplique seguir los procedimientos descritos en el <i>Manual de Especificaciones para la conservación de carreteras, caminos y puentes MCV-2015</i> (MOPT, 2015b) para la protección de superficies metálicas.</p> <p>Realizar una evaluación sísmica del puente para determinar las medidas de reforzamiento de las vigas diafragmas de los extremos del puente sobre ambos bastiones. Para esto seguir las recomendaciones brindadas en el capítulo 8, sección 8.2.1 del <i>Manual de Rehabilitación Sísmica FHWA</i> (FHWA, 2006).</p>

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN	
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P19-2017	Página 23/47
		VERSIÓN 04

Tabla No. 4. Estado de conservación de la superestructura de vigas de acero (*continuación*).

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
4.4. Sistema de arriostramiento	El puente no tenía sistemas de arriostramiento	NA	NA	Ninguna

Tabla No. 5. Estado de conservación de la subestructura

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
5.1. Apoyos en bastiones y pilas	<p>Los apoyos sobre ambos bastiones se encontraron con oxidación generalizada y corrosión localizada en la placa de base. Esto es producto del ambiente húmedo que se genera en la viga cabezal por el ingreso de agua a través de las juntas (ver figura 11).</p> <p>Los apoyos del puente evidencian ser sísmicamente vulnerables según los criterios del capítulo 4 del <i>Manual de Rehabilitación Sísmica FHWA</i> (FHWA, 2006).</p>	1	3	<p>Establecer un proyecto de rehabilitación del puente donde se incluya la sustitución de los apoyos considerando los requerimientos de diseño y las condiciones ambientales del puente.</p> <p>En caso de que se decida no sustituirlos, se recomienda intervenirlos de acuerdo a su estado de deterioro y siguiendo las recomendaciones del capítulo 8 del <i>Manual de Rehabilitación Sísmica FHWA</i> (FHWA, 2006).</p> <p>Mientras se decide la manera de atender los apoyos mediante un proyecto de rehabilitación, programar dentro de las labores de mantenimiento del puente la protección de todos los apoyos del puente con un sistema de pintura.</p> <p>En donde aplique seguir los procedimientos descritos en el <i>Manual de Especificaciones para la conservación de carreteras, caminos y puentes MCV-2015</i> (MOPT, 2015b) para la protección de superficies metálicas.</p>

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P19-2017		Página 24/47 VERSIÓN 04

Tabla No. 5. Estado de conservación de la subestructura (*continuación*).

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
5.2. Bastiones	No se observaron daños	0	1	Ninguna
5.3. Aletones	No se observaron daños	0	1	Ninguna
5.4. Pilas (viga cabezal, cuerpo)	El puente no tiene pilas	NA	NA	Ninguna
5.5. Cimentaciones (pilas y bastiones)	No se tuvo acceso visual a las cimentaciones de los bastiones	NI	NI	Ninguna

Tabla No. 6. Estado de conservación de elementos de protección sísmica e hidráulica.

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
6.1. Longitud de asiento en bastiones y pilas	<p>La longitud de asiento en ambos bastiones es de 400 mm, según las mediciones realizadas en sitio.</p> <p>La longitud de asiento requerida para el puente según el artículo 4.7.4.4 de la Especificación para diseño de Puentes AASHTO LRFD (AASHTO, 2014) es de 481 mm; la cual, es mayor que la longitud de asiento actual. Además, el puente tiene apoyos sísmicamente vulnerables (FHWA, 2006) (ver figura 11), lo cual, podría implicar riesgo de pérdida de apoyo ante un sismo.</p>	2	3	<p>Establecer un programa de rehabilitación del puente, donde se incluya la ampliación de la meseta de asiento de los bastiones, de acuerdo con lo establecido en el capítulo 8 del <i>Manual de rehabilitación sísmica FHWA</i> (FHWA, 2006), al cual, se hace referencia en los <i>Lineamientos para el diseño sismorresistente de puentes</i> (CFIA, 2013)</p>

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P19-2017	Página 25/47	VERSIÓN 04

Tabla No. 6. Estado de conservación de elementos de protección sísmica e hidráulica (continuación).

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
6.2. Dispositivos para prevención de colapso (llaves de corte, cadenas, anclajes, aislamiento sísmico)	<p>No se observaron dispositivos para prevención de colapso en el puente (ver figura 13). Los apoyos de las vigas del puente tienen pernos que los anclan a los bastiones, los cuales, podrían brindar resistencia limitada ante movimientos sísmicos (ver figura 11).</p> <p>La ausencia de dispositivos de prevención de colapso podría permitir desplazamientos excesivos de la superestructura en la dirección perpendicular al tránsito durante un sismo.</p>	2	3	<p>Evaluar la necesidad de construir llaves de cortante o colocar otro tipo de dispositivo para prevención de colapso en los bastiones del puente de acuerdo con lo establecido en el capítulo 8 del <i>Manual de rehabilitación sísmica FHWA</i> (FHWA, 2006) y en la Especificación de diseño AASHTO LRFD (AASHTO, 2014), a los cuales se hace referencia en los Lineamientos para el diseño sismorresistente de puentes (CFIA, 2013)</p>
6.3. Protección de taludes de relleno	<p>No se observaron protecciones en los taludes de los rellenos de aproximación. Sin embargo, no se encontraron daños por erosión en estos taludes.</p>	0	1	Ninguna
6.4. Protección de taludes frente al bastión	<p>Los taludes frente a los bastiones no estaban protegidos contra la erosión. Sin embargo, no se observó erosión en estos taludes (ver figura 12).</p> <p>En la reevaluación del 23 de febrero de 2017 no se encontraron deficiencias en los taludes frente al bastión relacionadas con la afectación del huracán Otto.</p>	1	2	<p>Valorar la posibilidad de incluir en un programa de mantenimiento periódico del puente un sistema de protección contra la erosión de los taludes frente a los bastiones del puente.</p>
6.5. Protección de socavación en pilas	<p>El puente no tiene pilas.</p>	NA	NA	Ninguna

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P19-2017	Página 26/47	VERSIÓN 04

Tabla No. 6. Estado de conservación de elementos de protección sísmica e hidráulica (continuación).

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
6.6. Cauce del río	<p>No se observaron desalineamientos u obstrucciones en el cauce. Tampoco, se observaron señales de erosión de las márgenes frente a los bastiones.</p> <p>En la reevaluación del 23 de febrero de 2017 no se encontraron deficiencias en el cauce relacionadas con la afectación del huracán Otto.</p>	NA	NA	Ver recomendación en el punto 6.4.



Figura 1. Agrietamiento de la barrera vehicular y el bordillo de seguridad.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN	Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P19-2017	Página 27/47



Figura 2. Ausencia de guardavías y marcadores de objetos y rótulo de identificación deformado

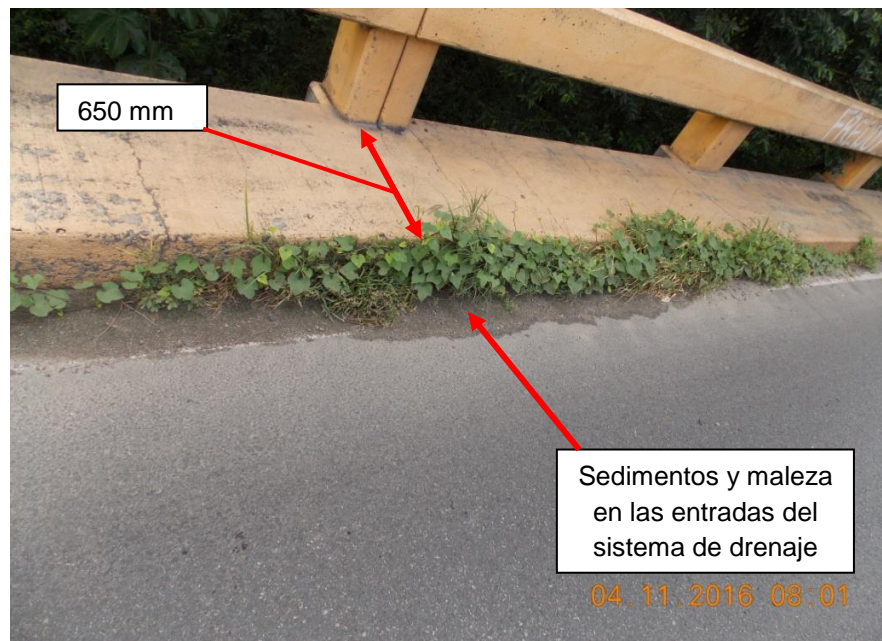


Figura 3. Bordillos de 650 mm de ancho que funcionan como acera y sedimentos y maleza que obstruyen las entradas del sistema de drenaje del puente.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P19-2017	Página 28/47	VERSIÓN 04



Figura 4. Demarcación horizontal en el puente con líneas de centro en buen estado y líneas de borde en mal estado. Sobrecapa de asfalto sobre el puente.



Figura 5. Tubería de servicio soldada a ductos de salida del sistema de drenaje del puente. Esta tubería se encuentra corroída en los puntos de salida del sistema de drenaje.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P19-2017	Página 29/47	VERSIÓN 04



(a) Junta de expansión 1



(b) Junta de expansión 2

Figura 6. Juntas de expansión obstruidas por la carpeta asfáltica.



Figura 7. Grieta a lo largo de la junta de construcción de la losa de concreto con mancha de humedad.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P19-2017	Página 30/47	VERSIÓN 04



Figura 8. Grietas en una dirección en la superficie inferior de la losa.



Figura 9. Puntos de corrosión en las vigas diafragma de acero.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P19-2017	Página 31/47	VERSIÓN 04



Figura 10. Zonas con corrosión localizada y puntos de corrosión en las vigas principales.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN	Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P19-2017	Página 32/47

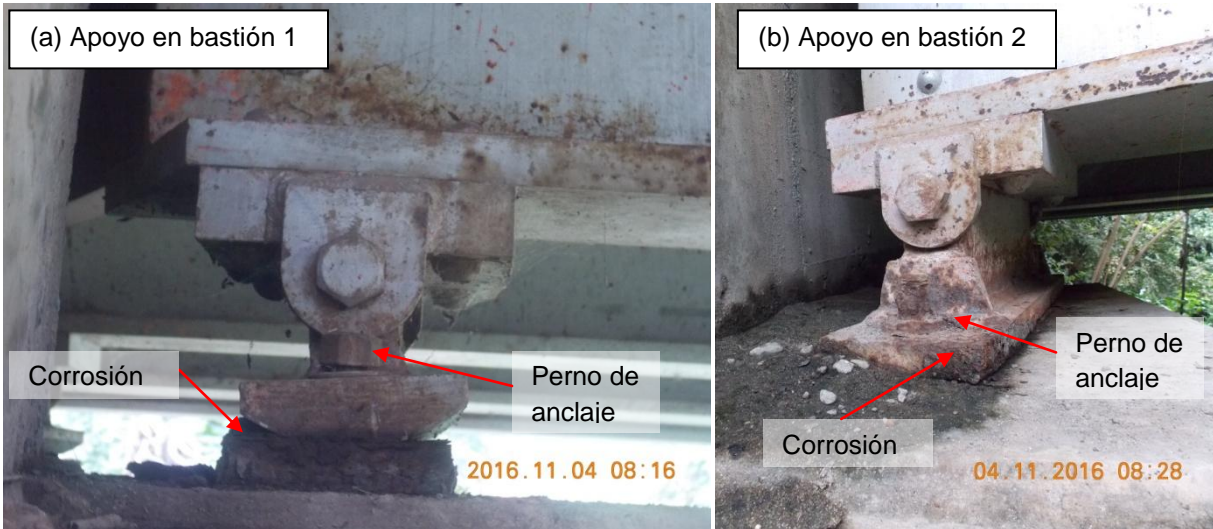


Figura 11. Corrosión y oxidación en apoyos sobre los bastiones. Nótese que los apoyos son sísmicamente vulnerables.



Figura 12. Talud frente a los bastiones sin protección y manchas de humedad en la viga cabezal de ambos bastiones.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P19-2017	Página 33/47	VERSIÓN 04



Ausencia de llaves de corte, cadenas, anclajes u otros dispositivos

Viga diafragma de extremo con dimensiones pequeñas

Figura 13. Ausencia de llaves de corte u otros dispositivos para prevención de colapso en caso de sismo. Vigas diafragma de los extremos con dimensiones pequeñas que pueden llevar a un mal comportamiento del puente ante un sismo.

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P19-2017	Página 34/47	VERSIÓN 04

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este informe se presentan las observaciones realizadas durante la evaluación visual de la condición del puente sobre el río Santa Inés ubicado en la Ruta Nacional No. 1 (Carretera Interamericana Norte). Las Tablas No. 2 a No. 6 resumen la condición de deterioro del puente y proveen algunas recomendaciones generales.

Con base en lo observado y la metodología descrita en el ANEXO A, 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 en elementos primarios y secundarios, pero los componentes del puente funcionan aún de forma adecuada y mantienen su integridad estructural. Ausencia o defecto en elementos de seguridad vial que puede resultar peligroso para los usuarios-	Es necesario programar la reparación previo al próximo mantenimiento rutinario

La calificación anterior se brinda por lo siguiente:

- a. Agrietamiento en una dirección y grietas a lo largo de todas las juntas de construcción, en las cuales se observaron manchas de humedad en la superficie inferior de la losa del puente.
- b. Corrosión localizada en las vigas principales y puntos de oxidación dispersos en todas las superficies de las vigas principales y de las vigas diafragma.
- c. Oxidación y corrosión en los apoyos sobre ambos bastiones.
- d. Vigas diafragma de los extremos con dimensiones pequeñas en relación con vigas principales que pueden hacer el puente sísmicamente vulnerable, debido a la baja resistencia ante carga lateral.

Informe LM-PIE-UP-P19-2017	Noviembre, 2017	Página 34 de 47
----------------------------	-----------------	-----------------

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P19-2017	Página 35/47	VERSIÓN 04

- e. Apoyos sísmicamente vulnerables según los criterios del capítulo 4 del *Manual de Rehabilitación Sísmica FHWA* (FHWA, 2006).
- f. La longitud de asiento en los bastiones es menor que la longitud de asiento requerida por la *Especificación para diseño de Puentes AASHTO LRFD* (AASHTO, 2014), que junto con los apoyos sísmicamente vulnerables, implica un riesgo de pérdida de apoyo ante un sismo.
- g. Ausencia de dispositivos para prevención de colapso en los bastiones, como llaves de corte, cadenas, anclajes o dispositivos de aislamiento, que eviten que la superestructura se desplace en un sismo más allá de la longitud de asiento disponible o en el sentido transversal.
- h. Juntas de expansión obstruidas por la carpeta asfáltica y manchas de humedad en viga cabecial de bastiones por el ingreso de agua a través de las juntas, debido a posibles daños en el sello impermeable.
- i. Carpeta asfáltica colocada sobre el puente, la cual, no está indicada en los planos de diseño del puente.
- j. Ausencia de sistemas de contención vehicular en los accesos.

Además, se observó lo siguiente:

- k. Ausencia de protecciones contra la erosión en los taludes frente a los bastiones.
- l. Sedimentos y maleza acumulados en las entradas del sistema de drenaje.
- m. Demarcación horizontal de las líneas de borde borrosas y ausencia de marcadores de objeto frente a la barrera vehicular.

Por lo tanto, con el propósito de contribuir a la atención de la estructura se recomienda realizar las siguientes acciones:

Informe LM-PIE-UP-P19-2017	Noviembre, 2017	Página 35 de 47
----------------------------	-----------------	-----------------

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P19-2017	Página 36/47	VERSIÓN 04

1. Se recomienda a la Administración realizar un análisis de factibilidad estructural, funcional y económica para determinar si el puente sobre el río Santa Inés puede continuar en funcionamiento, debe ser rehabilitado o reemplazado con base en normativa vigente.
2. Evaluar la capacidad de carga viva de la superestructura utilizando la metodología LRFR descrita en el *Manual AASHTO para Evaluación de puentes* (AASHTO, 2011)
3. Si no se decide reemplazar el puente, establecer en el mediano plazo un proyecto de rehabilitación en el que se incluya lo siguiente:
 - a. Una evaluación detallada del tablero para evaluar la capacidad estructural y la condición de durabilidad del acero de refuerzo y del concreto de la losa, con el fin de justificar si se debe realizar el reforzamiento y reparación de grietas o si se debe sustituir la losa del puente.
 - b. Eliminar o reducir el espesor de carpeta asfáltica sobre el puente en el caso que la capacidad de carga viva de la superestructura del puente se vea reducida.
 - c. Realizar un estudio de la cantidad de tránsito peatonal y de ciclistas en el sitio del puente para decidir si es necesario establecer un proyecto para ampliar la sección transversal del puente con aceras y ciclovías, como parte de la rehabilitación del puente, o la construcción de un paso para peatones y ciclistas independiente a la estructura actual.
 - d. Revisar si la barrera vehicular tiene capacidad estructural para cumplir con las especificaciones para el nivel de contención TL-4 como mínimo, utilizando los métodos indicados en el Apéndice A13 del capítulo 13 de la Especificación de diseño AASHTO LRFD (AASHTO, 2014). Si se determina que el sistema no tiene capacidad estructural, decidir entre reforzar la barrera existente o sustituirla por un sistema en el que se haya demostrado la capacidad del sistema para un nivel de contención TL-4 como mínimo evaluando mediante pruebas la suficiencia estructural, el riesgo para los ocupantes de un vehículo que impacte contra el sistema y el comportamiento del vehículo posterior al impacto (AASHTO, 2014).

Informe LM-PIE-UP-P19-2017	Noviembre, 2017	Página 36 de 47
----------------------------	-----------------	-----------------

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P19-2017	Página 37/47	VERSIÓN 04

- e. Si se decide rehabilitar sustituir la losa del puente, sustituir también las juntas de expansión realizando previamente un análisis para determinar el tipo de junta a utilizar acorde con los requerimientos de diseño y condiciones ambientales del puente.
- f. Realizar una evaluación sísmica del puente para determinar las medidas de reforzamiento de las vigas diafragmas de los extremos del puente sobre ambos bastiones, aumentar la meseta de asiento de los bastiones, construir llaves de cortante o colocar algún otro dispositivo de prevención de colapso de acuerdo con lo establecido en el capítulo 8 del *Manual de rehabilitación sísmica de FHWA (2006)*.
4. Establecer un programa de mantenimiento del puente, siguiendo en donde aplique, los procedimientos especificados en el capítulo 6 del *Manual de especificaciones generales para la conservación de carreteras, caminos y puentes MCV-2015 (MOPT, 2015b)* para realizar lo siguiente:
- a. Aplicar un sistema de protección de pinturas a las vigas principales, las vigas diafragma y los apoyos del puente
 - b. Eliminar la obstrucción de mezcla asfáltica sobre las juntas de expansión y evaluar el estado de las juntas para determinar acciones a seguir acorde con su estado. En caso de ser necesario, incluir dentro de estas acciones la colocación de un sello impermeable en las juntas.
 - c. Incluir procedimientos en los programas de mantenimiento periódico de carreteras para evitar la obstrucción de juntas de expansión de puentes al recarpetear con mezcla asfáltica la carretera.
 - d. Proteger los taludes frente a los bastiones contra la erosión.
 - e. Sellar las grietas de la barrera vehicular.
 - f. Colocar sistemas de contención vehicular en los accesos de acuerdo con las especificaciones del fabricante y lo establecido en el *Manual SCV: Guía para el análisis y diseño de seguridad vial de márgenes de carretera (Valverde, 2011)*.

Informe LM-PIE-UP-P19-2017	Noviembre, 2017	Página 37 de 47
----------------------------	-----------------	-----------------

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P19-2017	Página 38/47	VERSIÓN 04

- g. Colocar señalización vertical como marcadores de objetos frente a la barrera del puente y frente al sistema de contención que se coloque en el acceso.
- h. Colocar advertencias sobre la presencia de peatones y ciclistas en la vía, mientras se realiza algún proyecto para dar facilidades que permitan el tránsito seguro de estos usuarios.
- i. Colocar rótulos de identificación en los accesos del puente que indiquen el nombre del río que cruza y el número de ruta nacional
- j. Limpiar periódicamente todas las superficies del puente.

Estas recomendaciones se asume que 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.

7. REFERENCIAS

1. AASHTO (2011). The Manual for Bridge Evaluation. 2nd Edition with 2011, 2013, 2014, 2015 and 2016 Interim Revisions. American Association of State Highway and Transportation Officials. Washington, D.C., USA.
2. AASHTO (2014). LRFD Bridge Design Specifications. 7th Edition with 2015 and 2016 Interim Revisions. American Association of State Highway and Transportation Officials. Washington, D.C., USA.
3. 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.
4. 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.

Informe LM-PIE-UP-P19-2017	Noviembre, 2017	Página 38 de 47
----------------------------	-----------------	-----------------

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P19-2017	Página 39/47	VERSIÓN 04

5. MOPT (2015a). Anuario de Información de Transito 2015. Secretaría de Planificación Sectorial. Proceso de Planificación Estratégica Multimodal de Servicios de Infraestructura y de Transporte. Ministerio de Obras Públicas y Transportes. San José, Costa Rica.
6. MOPT (2015b). Manual de especificaciones generales para la conservación de carreteras, caminos y puentes MCV-2015. Ministerio de Obras Públicas y Transportes. San José, Costa Rica.
7. 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.
8. 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.
9. 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 LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN	Código: RC-444	
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P19-2017	Página 40/47	VERSIÓN 04

Página intencionalmente dejada en blanco

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P19-2017	Página 41/47	VERSIÓN 04

ANEXO A

Criterios para clasificar el estado de conservación del puente.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P19-2017	Página 42/47	VERSIÓN 04

Página intencionalmente dejada en blanco

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P19-2017	Página 43/47	VERSIÓN 04

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

El procedimiento de evaluación considera las siguientes variables:

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

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P19-2017	Página 44/47	VERSIÓN 04

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

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

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

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

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

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

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

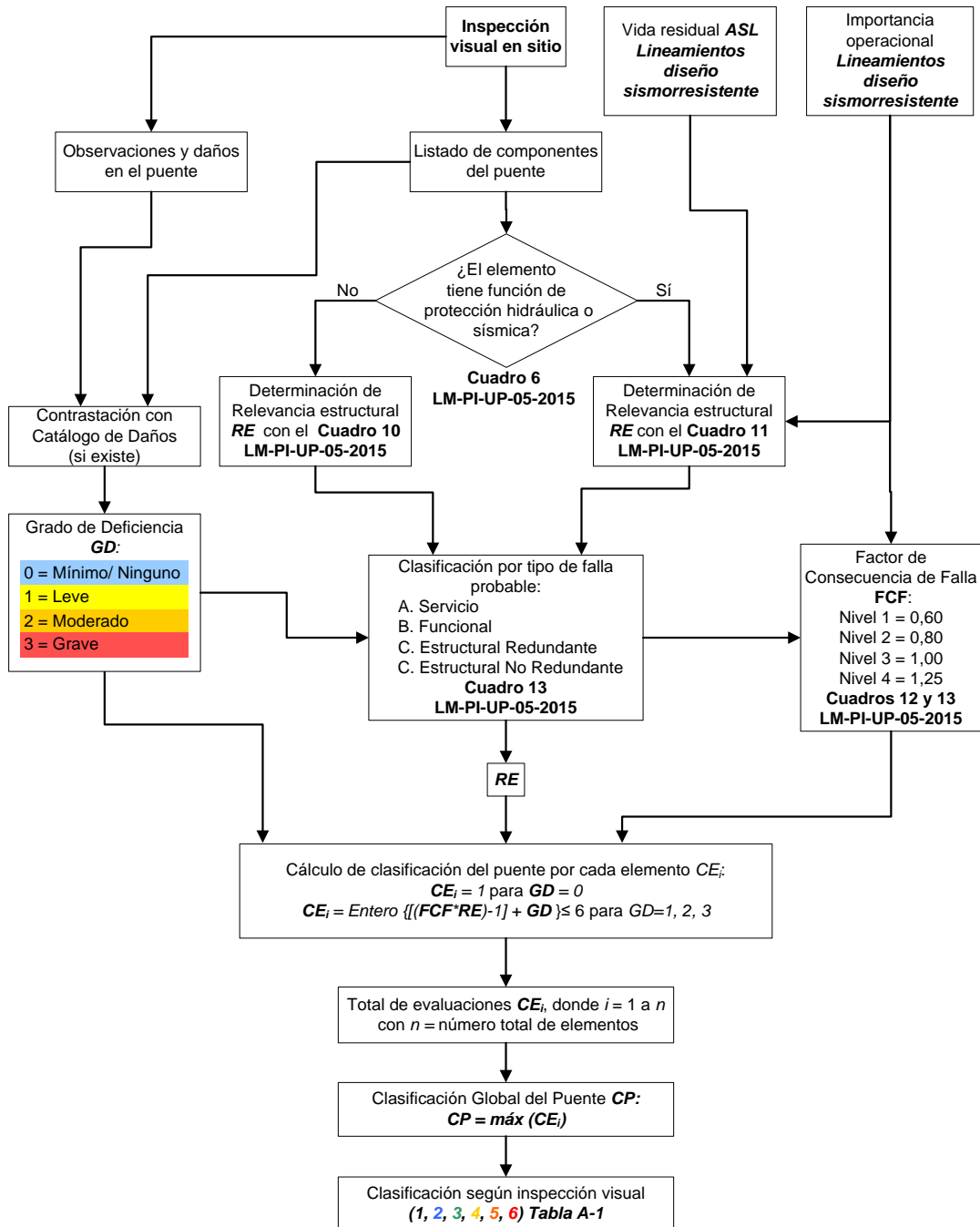


Figura A-1. Diagrama de flujo con metodología para calificar cualitativamente la condición del puente de acuerdo con informe LM-PI-UP-05-2015

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P19-2017	Página 46/47	VERSIÓN 04

Tabla A-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

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN	
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P19-2017	Página 47/47
		VERSIÓN 04


 LanammeUCR		RC-451 Calificación de la condición del puente según la evaluación visual				Versión: 01 Página: 1/1	
Nombre del puente y Ruta	Río Santa Inés, RN01	Importancia Operacional (LDSP 2013)	Crítico				
Fecha Evaluación	22/2/2017	TPD (veh/día)	4519				
Año de construcción o diseño	1959	Vida de diseño según código (años)	50				
		DESCRIPCIÓN DE DANOS O REFERENCIA	TIPO DE FALLA	FCF	CE_i		
	ELEMENTO	RE	GD	A TABLA DE INFORME	FALLA	FCF	CE_i
SEGURIDAD VIAL	Barrera vehicular (puente)	2	1	Tabla No. 2. Punto 2.1.	B	0.8	2
	Barrera vehicular (accesos)	1	3	Tabla No. 2. Punto 2.2.	A	0.6	3
	Aceras	2	1	Tabla No. 2. Punto 2.3.	B	0.8	2
	Señalización Vial	1	2	Tabla No. 2. Punto 2.5.	A	0.6	2
	Rotulación Carga/Altura Máxima	1	No Aplica	-	A	0.6	
	Iluminación	1	1	Tabla No. 2. Punto 2.6.	A	0.6	1
ACCESORIOS	Superficie de rodamiento (puente)	1	3	Tabla No. 3. Punto 3.1.	A	0.6	3
	Sistema de drenaje del puente	1	1	Tabla No. 3. Punto 3.2.	A	0.6	1
	Juntas de expansión	1	3	Tabla No. 3. Punto 3.3.	A	0.6	3
ACCESOS	Superficie de rodamiento (acceso)	1	0	Tabla No. 3. Punto 3.4.	A	0.6	1
	Relleno de aproximación	2	0	Tabla No. 3. Punto 3.5	B	0.8	1
	Losa de aproximación	2	No Insp.	Tabla No. 3. Punto 3.7	B	0.8	
	Muros de contención en accesos	2	No Aplica	Tabla No. 3. Punto 3.6.	B	0.8	
SUPERES-TRUCTURA TIPO VIGAS	Tablero	3	1	Tabla No. 4. Punto 4.1.	C	1	3
	Vigas principales acero	3	1	Tabla No. 4. Punto 4.2.	C	1	3
	Vigas diafragma acero	2	1	Tabla No. 4. Punto 4.3.	B	0.8	2
	Sistema de arriostamiento de acero	2	No Aplica		B	0.8	
SUBESTRUCTURA	Apoyos	3	1	Tabla No. 5. Punto 5.1.	C	1	3
	Aletones	2	0	Tabla No. 5. Punto 5.3.	B	0.8	1
	Bastiones: Viga cabezal	3	0	Tabla No. 5. Punto 5.2.	C	1	1
	Bastiones: Cuerpo	3	0	Tabla No. 5. Punto 5.2.	C	1	1
	Bastiones: Cimentación	3	No Insp.		C	1	
ELEMENTOS DE	Longitud de asiento (pedestales)	2	2	Tabla No. 6. Punto 6.1.	C	1	3
	Llaves de corte	2	2	Tabla No. 6. Punto 6.2.	C	1	3
PROTECCIÓN SÍSMICA	Cadenas/ anclajes/ postensión externa	2	No Aplica		C	1	
	Dispositivos especiales	2	No Aplica		C	1	
ELEMENTOS DE	Protección de taludes de rellenos	2	0	Tabla No. 6. Punto 6.3.	C	1	1
	Escollera de protección	2	1	Tabla No. 6. Punto 6.4.	C	1	2
PROTECCIÓN	Protección de socavación en pilas	2	No Aplica		C	1	
						CP =	3
							Condición Deficiente

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