

 <b>LanammeUCR</b>	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR  <b>INFORME DE EVALUACIÓN</b>		Código:  RC-444
	<b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2017</b>	<b>Página 1/56</b>	<b>VERSIÓN 04</b>

## Programa de Ingeniería Estructural

Proyecto: LM-PIE-UP-P01-2017

### **EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PUENTE SOBRE EL RÍO GRANDE DE TÉRRABA RUTA NACIONAL No. 02**

Preparado por:  
**Unidad de Puentes  
 LanammeUCR**



San José, Costa Rica  
 12 de mayo, 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><b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2017</b></p>	<p><b>Página 2/56</b></p>	<p>VERSIÓN 04</p>

Página intencionalmente dejada en blanco

 <b>LanammeUCR</b>	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR  <b>INFORME DE EVALUACIÓN</b>		Código:  RC-444
	<b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2017</b>		<b>Página 3/56</b>

<b>1. Informe:</b> LM-PIE-UP-P01-2017		<b>2. Copia No.</b> 1	
<b>3. Título y subtítulo:</b> EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PUENTE SOBRE EL RÍO GRANDE DE TÉRRABA RUTA NACIONAL No.02		<b>4. Fecha del Informe</b> 12 de mayo, 2017	
<b>5. Organización y dirección</b> Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica Tel: (506) 2511-2500 / Fax: (506) 2511-4440			
<b>6. Notas complementarias</b> Ninguna			
<b>7. Resumen</b> <i>Este informe de evaluación del puente sobre el río Grande de Térraba, en la Ruta Nacional No. 02, 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 ALARMANTE. Por lo tanto, con el propósito de contribuir a la atención de la estructura evaluada se realizan recomendaciones generales relacionadas con cada aspecto evaluado en este informe.</i>			
<b>8. Palabras clave</b> Puentes, Ruta Nacional No.02, Río Grande de Térraba, Evaluación		<b>9. Nivel de seguridad:</b> Ninguno	<b>10. Núm. de páginas</b> 56
<b>11. Inspección e informe por:</b> Ing. Esteban Villalobos Vega Coordinador a.i. Unidad de Puentes  <hr/> <b>Fecha:</b> 12/05/2017	<b>12. Inspección y revisión por:</b> Ing. Pablo Agüero Barrantes Unidad de Puentes  <hr/> <b>Fecha:</b> 12/05/2017		
<b>13. Revisado por:</b> Lic. Miguel Chacón Alvarado Asesor Legal LanammeUCR  <hr/> <b>Fecha:</b> 12/05/2017	<b>14. Revisado y aprobado por:</b> Ing. Rolando Castillo Barahona, Ph.D. Coordinador Programa de Ingeniería Estructural  <hr/> <b>Fecha:</b> 12/05/2017		

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	<b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2017</b>	<b>Página 4/56</b>	<b>VERSIÓN 04</b>

Página intencionalmente dejada en blanco

 <b>LanammeUCR</b>	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR  <b>INFORME DE EVALUACIÓN</b>		Código:  RC-444
	<b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2017</b>	<b>Página 5/56</b>	<b>VERSIÓN 04</b>

## TABLA DE CONTENIDO

<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>7</b>
<b>2. OBJETIVOS .....</b>	<b>7</b>
<b>3. ALCANCE DEL INFORME .....</b>	<b>8</b>
<b>4. DESCRIPCIÓN.....</b>	<b>9</b>
<b>5. ESTADO DE CONSERVACION Y SEGURIDAD VIAL DEL PUENTE.....</b>	<b>14</b>
<b>6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>38</b>
<b>7. REFERENCIAS.....</b>	<b>48</b>
<b>ANEXO A CRITERIOS PARA CLASIFICAR EL ESTADO DE CONSERVACIÓN DEL PUENTE.....</b>	<b>49</b>

 <b>LanammeUCR</b>	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR  <b>INFORME DE EVALUACIÓN</b>		Código:  RC-444
	<b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2017</b>	<b>Página 6/56</b>	<b>VERSIÓN 04</b>

Página intencionalmente dejada en blanco

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR  <b>INFORME DE EVALUACIÓN</b>		Código:  RC-444
	<b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2017</b>	<b>Página 7/56</b>	<b>VERSIÓN 04</b>

## 1. INTRODUCCIÓN

Este informe de evaluación del puente sobre el río Grande de Térraba, en la Ruta Nacional No. 02, 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 una inspección del puente, en el marco de las competencias asignadas mediante el artículo 6 de la ley 8114. La inspección del puente se realizó el día 31 de agosto de 2016. Debido a una posible afectación del huracán Otto en la estructura, la cual se encuentra ubicada en una de las zonas donde se declararon con mayor regularidad alertas amarillas y rojas por parte de la Comisión Nacional de Emergencias durante el evento, se realizó una re-inspección el día 01 de febrero del 2017 para evaluar la interacción del cauce del río con las pilas y de ambos márgenes del puente.

## 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 estructural 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  <b>INFORME DE EVALUACIÓN</b>		Código:  RC-444
	<b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2017</b>	<b>Página 8/56</b>	<b>VERSIÓN 04</b>

### 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 la 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.

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	<b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2017</b>	<b>Página 9/56</b>	<b>VERSIÓN 04</b>

#### 4. DESCRIPCIÓN

El puente evaluado se ubica en la Ruta Nacional No. 02, en la sección de control 60030 y cruza el río Grande de Térraba. Desde el punto de vista administrativo, se ubica en el distrito de Palmar, del cantón de Osa, en la provincia de Puntarenas. Sus coordenadas, en el sistema geográfico de ubicación, corresponden con: 08°57'30,13"N de latitud y 83°27'36,20"O de longitud. La figura A muestra la ubicación geográfica del puente.



**Figura A.** Ubicación geográfica del puente sobre el río Grande de Térraba.

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR  <b>INFORME DE EVALUACIÓN</b>		Código:  RC-444
	<b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2017</b>	<b>Página 10/56</b>	<b>VERSIÓN 04</b>

La ruta clasifica como primaria y tiene un tránsito promedio diario de 2121 vehículos por día medidos en el año 2013 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 29,45%, de los cuales el 8,49% 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, si 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

 <b>LanammeUCR</b>	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR  <b>INFORME DE EVALUACIÓN</b>		Código:  RC-444
	<b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2017</b>	<b>Página 11/56</b>	<b>VERSIÓN 04</b>



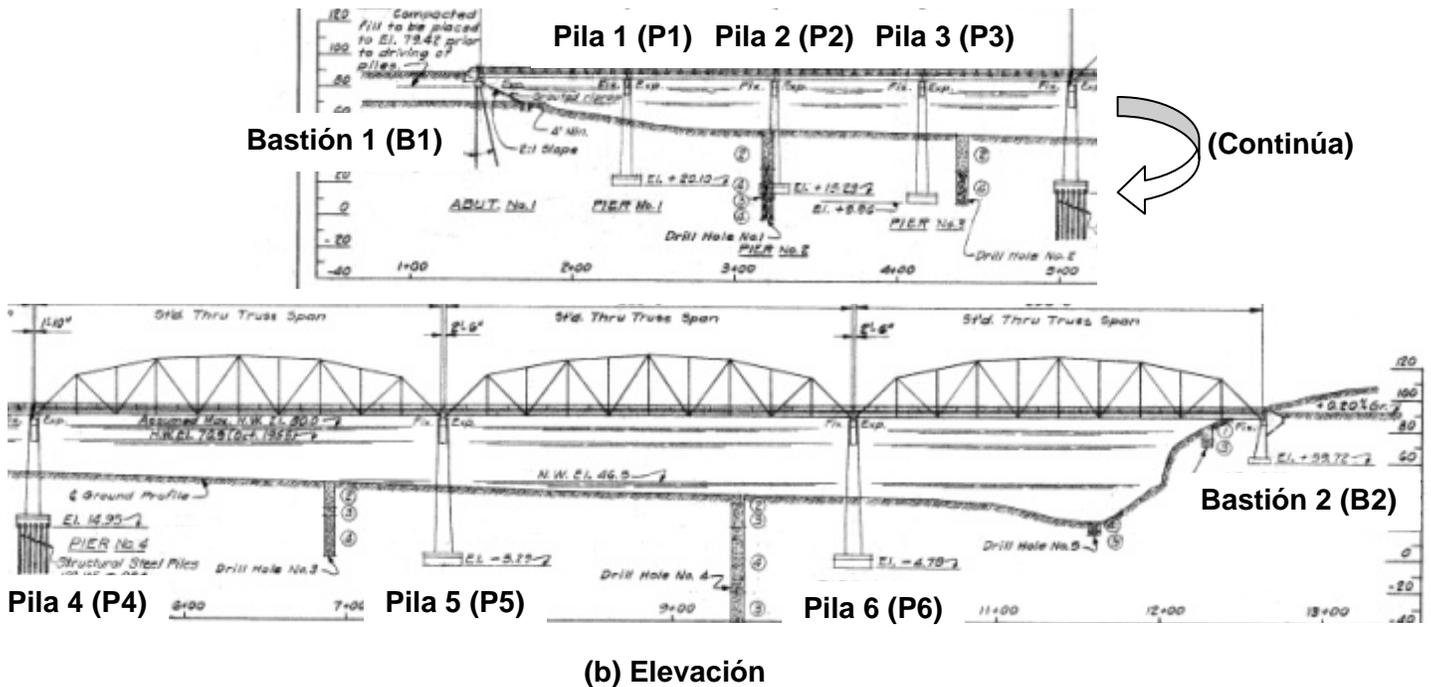
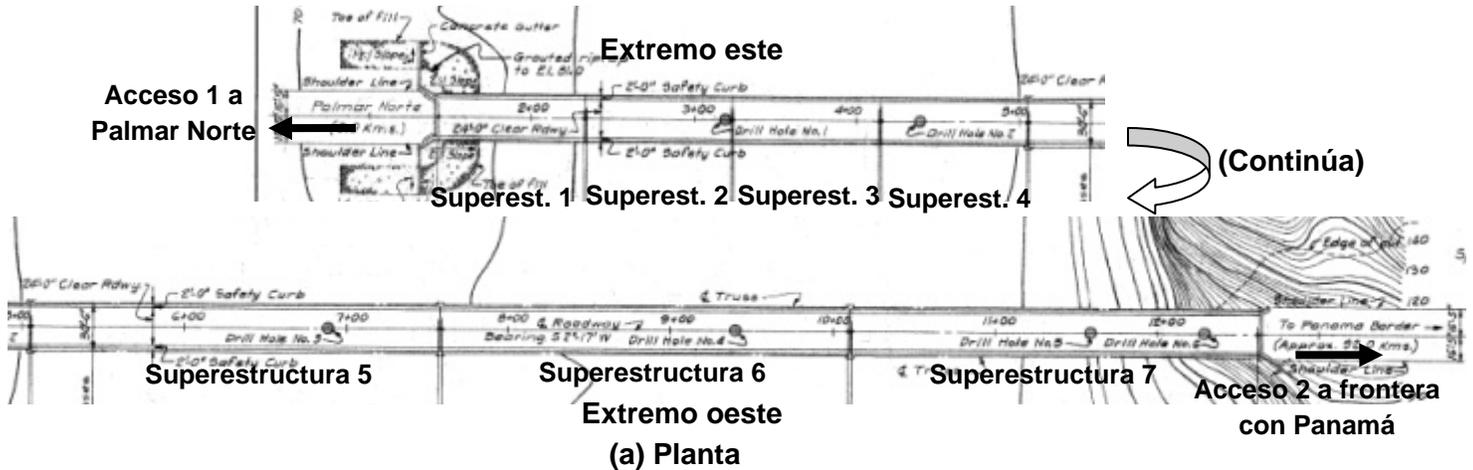
**Figura B.** Vista a lo largo de la línea de centro



**Figura C.** Vista lateral

Informe LM-PIE-UP-P01-2017	Mayo, 2017	Página 11 de 56
----------------------------	------------	-----------------

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444	
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	<b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2017</b>	<b>Página 12/56</b>	<b>VERSIÓN 04</b>



**Figura D.** Identificación utilizada para el puente sobre el río Grande de Térraba.

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR  <b>INFORME DE EVALUACIÓN</b>		Código:  RC-444
	<b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2017</b>	<b>Página 13/56</b>	<b>VERSIÓN 04</b>

**Tabla No. 1.** Características básicas del puente.

<b>Geometría</b>	Tipo de estructura	Puente
	Longitud total (m)	343,5
	Ancho total (m)	9
	Ancho de calzada (m)	7,4
	Número de tramos	7
	Alineación del puente	Recto
	Número de carriles	2
<b>Superestructura</b>	Número de superestructuras	7
	Tipo de superestructura (elementos principales)	Superestructuras 1 a 4: Tipo viga simple con vigas principales tipo I de acero Superestructuras 5 a 7: Tipo cercha de paso inferior
	Tipo de tablero	Losas de concreto reforzado
<b>Apoyos</b>	Tipo de apoyo en bastiones	Bastión 1: Apoyo expansivo Bastión 2: Apoyo fijo
	Tipo de apoyo en pilas	Todas las pilas (sentido bastión 1 a bastión 2): Inicial apoyo fijo; final apoyo expansivo
<b>Subestructura</b>	Número de elementos	Bastiones: 2 Pilas: 6
	Tipo de bastiones	Bastión 1: Tipo cabezal sobre pilotes (según planos) Bastión 2: Tipo marco de concreto reforzado (según planos)
	Tipo de pilas	Todas las pilas: Tipo columna sencilla de concreto reforzado
	Tipo de cimentación	Bastión 1: Tipo cimentación sobre pilotes (según planos) Bastión 2: Tipo placa aislada (según planos) Pilas 1, 2, 3, 5 y 6: Tipo placa aislada (según planos) Pila 4: Tipo cimentación sobre pilotes (según planos)
<b>Diseño y construcción</b>	Año de diseño	1956 (Según planos)
	Año de construcción	1960 (Según placa adosada al puente)
	Especificación de diseño original	AASHO 1953
	Carga viva de diseño original	H15-S12-44
	Año de reforzamiento/rehabilitación	No hay antecedentes de rehabilitación
	Especificación utilizada para el reforzamiento/ rehabilitación	No hay antecedentes de rehabilitación
	Carga viva de diseño utilizada para el reforzamiento/ rehabilitación	No hay antecedentes de rehabilitación

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR  <b>INFORME DE EVALUACIÓN</b>		Código:  RC-444
	<b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2017</b>	<b>Página 14/56</b>	<b>VERSIÓN 04</b>

## 5. ESTADO DE CONSERVACION Y SEGURIDAD VIAL DEL PUENTE

Los resultados de la evaluación del puente se presenta 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.7 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	
	<b>INFORME DE EVALUACIÓN</b>		
	<b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2017</b>	<b>Página 15/56</b>	<b>VERSIÓN 04</b>

**Tabla No. 2.** Estado de la seguridad vial.

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
2.1. Sistema de contención vehicular del puente	<p>Las barreras vehiculares de acero y concreto fueron diseñadas en el año 1956 considerando condiciones de tránsito distintas a las que presenta la Ruta Nacional No. 02 actualmente. Por eso, hay evidencia de que las barreras observadas el día de la evaluación no cumplían con las especificaciones para barreras vehiculares de AASHTO LRFD 2014, según el tipo de carretera, la velocidad y el tipo de vehículos que transitan por la Ruta Nacional No. 02 actualmente (Ver Figs. 1, 2 y 3), y por lo tanto existe el riesgo de que ante el impacto de un vehículo la barrera vehicular no se desempeñe adecuadamente.</p> <p>Además: en la barrera vehicular de contención de concreto se observó una intervención realizada en una sección este de la superestructura 1 que evidenciaba acero de refuerzo expuesto debido a vacíos en los elementos en voladizo de soporte y además agrietamiento en el elemento horizontal (Ver Fig. 1(a)); agrietamiento en ambas direcciones en sección de elemento horizontal de sección oeste de superestructura 1 (Ver Fig. 1(b)); se observó una grieta inclinada en toda la altura del elemento vertical de superestructura 2 que coincide con la junta de expansión 2 (Ver Fig. 1(c)); en la barrera vehicular de acero se observó deterioro del sistema de protección de pintura (Ver Fig. 1(d)).</p>	1	2	<p>Si se decide rehabilitar o intervenir la losa del puente según lo indicado en <i>4.1 Tablero</i>, realizar una evaluación para verificar si la barrera vehicular del puente cumple con las especificaciones para barreras de contención vehicular del capítulo 13 del AASHTO LRFD 2014, con el fin de decidir si se debe sustituir, rehabilitar a una barrera que cumpla con las especificaciones o si sólo se deben reparar los deterioros observados.</p>
2.2. Sistema de contención vehicular de los accesos	<p>No se observaron guardavías en ninguno de los accesos al puente (Ver Fig. 2). La ausencia de guardavías aumenta el riesgo de caída de vehículos al cauce o por los taludes del terraplén del acceso 1.</p>	3	3	<p>Instalar guardavías en ambos accesos al puente de acuerdo con las especificaciones del fabricante y las especificaciones incluidas en el Manual SCV (Valverde, 2011).</p>

 <b>LanammeUCR</b>	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR  <b>INFORME DE EVALUACIÓN</b>	Código:  RC-444
	<b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2017</b>	<b>Página 16/56</b>

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

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
2.3. Aceras y sus accesos	<p>El puente no tenía aceras, sino un bordillo de seguridad con una ancho efectivo de 0,65 m, el cual es menor al ancho de 1,20 m recomendado por la Ley 7600 (Ver Fig. 2).</p> <p>El día de la visita de evaluación se evidenció tráfico peatonal y de ciclistas. El puente comunica dos de las principales comunidades de la zona: Palmar Norte y Palmar Sur, por lo que hay probabilidades de que se presenten situaciones de tráfico peatonal y de ciclistas aún mayores.</p>	1	2	<p>Evaluar la necesidad de construir aceras que cumplan con los requisitos de la Ley 7600 y con las medidas de seguridad vial de la Sección 13 del AASHTO LRFD 2014, según las condiciones de tráfico tanto peatonal como de ciclistas así como de tráfico vehicular del puente y acorde con su vida útil.</p>
2.4. Identificación	No se observaron rótulos de identificación en ninguno de los accesos.	0	1	Colocar rótulos en ambos accesos que indiquen además del nombre del puente el número de la ruta.-
2.5. Señalización <ul style="list-style-type: none"> <li>• Captaluces</li> <li>• Demarcación horizontal</li> <li>• Delineadores verticales</li> <li>• Marcadores de objeto</li> </ul>	<p>El día de la evaluación se evidenció que se habían perdido los captaluces a lo largo de la línea de centro (Ver Fig. 3).</p> <p>Se observó que tanto la línea centro como las líneas de borde se encontraban en mal estado o ausentes (Zamora-Rojas, Jiménez-Romero, Acosta-Hernández, Castillo-Barahona, Rodríguez-Roblero, &amp; Quirós-Serrano, 2012) y por lo tanto es de esperar que su nivel de retro-reflexión sea bajo o nulo (Ver Fig. 3).</p> <p>No se observaron marcadores de objeto en ninguno de los accesos (Ver Fig. 2).</p> <p>Las deficiencias mencionadas aumentan el riesgo de accidentes de tránsito sobre el puente en condiciones de poca visibilidad.</p>	2	2	<p>Colocar captaluces a lo largo de la línea de centro, así como marcadores de objetos en los accesos del puente.</p> <p>Pintar las líneas de centro y de borde en el puente de acuerdo con las especificaciones brindadas en la Sección 634 del CR2010.</p> <p>Mantener limpios los bordillos de sedimentos para mantener una adecuada visibilidad de los captaluces.</p>
2.6. Iluminación	El puente tenía iluminación. Como la visita de evaluación se llevó a cabo de día, no fue posible verificar su funcionamiento.	0	1	Debido a la longitud total del puente (343,5 m), se recomienda verificar y garantizar el adecuado funcionamiento de la iluminación

 <b>LanammeUCR</b>	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR  <b>INFORME DE EVALUACIÓN</b>		Código:  RC-444
	<b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2017</b>		<b>Página 17/56</b>

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

<b>ELEMENTOS</b>	<b>OBSERVACIONES</b>	<b>GD</b>	<b>CE</b>	<b>RECOMENDACIONES</b>
3.1. Superficie de rodamiento del puente	<p>La superficie de rodamiento es la superficie superior de la losa de concreto del puente, la cual presentaba desgaste superficial evidente por la exposición del agregado grueso (Ver Figs. 8 y 11).</p> <p>El progreso del desgaste superficial del concreto aumenta el riesgo de que el acero de refuerzo de la losa quede con insuficiente recubrimiento o incluso expuesto y además aumenta la vulnerabilidad de los vehículos a accidentes al disminuir la fricción durante el frenado.</p>	NA	NA	<p>Monitorear el avance del desgaste superficial observado en la superficie de rodamiento.</p> <p>Ver recomendaciones del punto 4.1. <i>Tablero</i>.</p>
3.2. Bordillos y sistema de drenaje del puente	<p>Se observó acumulación de sedimentos en los bordillos del puente (Ver Fig. 3), lo cual aumenta el riesgo de acumulación de agua sobre la superficie, lo cual podría provocar el hidroneo de los vehículos.</p> <p>La longitud de los ductos de salida del sistema de drenaje era insuficiente según las recomendaciones de AASHTO LRFD. 2014, y por lo tanto el agua descargaba directamente sobre las alas inferiores de las vigas principales externas de las superestructuras 1, 2, 3 y 4 (Ver Fig. 4). La descarga directa de agua sobre elementos estructurales aumenta su vulnerabilidad al deterioro.</p>	1	1	<p>Limpiar los bordillos del puente y establecer un programa de mantenimiento rutinario donde se incluya su limpieza periódica.</p> <p>Colocar extensiones en las salidas de los orificios de drenaje de la superestructura que cumplan con los requerimientos de la sección 2.6.6.4 de AASHTO LRFD 2014.</p>

 <b>LanammeUCR</b>	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR  <b>INFORME DE EVALUACIÓN</b>	Código:  RC-444
	<b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2017</b>	<b>Página 18/56</b>

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

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
3.3. Juntas de expansión	<p><b>a) Juntas de expansión en bastiones:</b>            La junta de expansión en el bastión B1 se encontraba completamente obstruida y además se observó agrietamiento y desprendimiento de concreto en el extremo inferior este (Ver Fig. 6(a)). En el caso de la junta de expansión en el bastión B2, el espacio libre para el movimiento de la junta se encontraba obstruido con mezcla asfáltica (Ver Fig. 6(b)). En la junta en el bastión B2 se evidenciada 100% de filtración de agua.</p> <p><b>b) Juntas de expansión en pilas:</b>            En la junta de expansión en la pila P4 se observó una intervención realizada en la misma que evidenciaba deterioro por desprendimiento de concreto en la conexión con la superestructura 4 (Ver Fig. 7(a)). En la junta de expansión en la pila P6 se observó agrietamiento y desprendimiento del concreto así como acero de refuerzo expuesto, esto en el extremo oeste de la conexión con la superestructura 7 (Ver Fig. 7(b)). En las juntas de expansión en las pilas P1, P2, P3 y P5 se observó acumulación parcial de sedimentos en el espacio libre para el movimiento de la junta.(Ver Fig. 7(c)). Todas las juntas en las pilas evidenciaban filtración de agua principalmente en los extremos.</p> <p>Las obstrucciones observadas de mezcla asfáltica así como la acumulación de sedimentos aumenta la vulnerabilidad de las juntas y de los elementos conexos a daños por condiciones de servicio, condiciones ambientales y eventos sísmicos, aumentando con ello paulatinamente los costos de mantenimiento y reparación.</p> <p>Debido al grado de exposición de los daños observados en el concreto de las juntas así como la filtración de agua, se aumenta el riesgo de que se presente corrosión en el acero de refuerzo, disminuyendo la vida útil de los elementos y aumentando los costos de mantenimiento.</p>	2	2	<p>Eliminar la obstrucción por mezcla asfáltica de las juntas en los bastiones B1 y B2, y además evaluar el estado de la junta en el bastión B1 para determinar las acciones a seguir acorde con su estado de conservación.</p> <p>Reparar el deterioro evidenciado por el concreto de los bordes de las juntas en el bastión B1 y la pila P6.</p> <p>Limpiar la acumulación de sedimentos observados en las juntas de expansión y establecer un programa de mantenimiento rutinario donde se incluya su limpieza periódica.</p> <p>Evitar la filtración de agua a través de las juntas de expansión, principalmente en el caso del bastión B2 y de los extremos de todas las juntas en la ubicación del bordillo de seguridad.</p> <p>Si se decide rehabilitar o intervenir la losa del puente según lo indicado en <i>4.1 Tablero</i>, realizar una evaluación para determinar el tipo de junta a utilizar acorde con los requerimientos de diseño y condiciones ambientales del puente.</p>

 <b>LanammeUCR</b>	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR  <b>INFORME DE EVALUACIÓN</b>	Código:  RC-444
	<b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2017</b>	<b>Página 19/56</b>

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

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
3.4. Superficie de rodamiento de los accesos	En el acceso 2 se identificó una intervención llevada a cabo en la zona de la superficie de rodamiento que coincide con la junta de expansión, la cual evidenciaba agrietamiento en ambas direcciones a través del cual se estaba filtrando el agua de escorrentía, y que coincidía además con deformaciones permanentes en el pavimento (Ver Fig. 5).	2	2	Dado el grado de deterioro observado y debido a la posibilidad de que el mismo avance, se recomienda sustituir la estructura de pavimento de esa zona por una acorde con el tránsito de la ruta y las condiciones ambientales del lugar.
3.5. Rellenos de aproximación y taludes de accesos	Ver las observaciones de 2.2. <i>Sistema de contención vehicular de los accesos.</i>	0	1	Ver recomendaciones de 2.2. <i>Sistema de contención vehicular de los accesos</i>
3.6. Losa de aproximación	No se tuvo acceso a las losas de aproximación de los accesos y en los planos constructivos no venían incluidos detalles de las mismas.	1	2	Debido a las deformaciones permanentes observadas en la zona de la superficie de rodamiento del acceso 2 que coincide con la junta de expansión (Ver 3.4. <i>Superficie de rodamiento de los accesos</i> ), se recomienda verificar el estado de las losas de aproximación como mínimo en el momento en el que se realice una intervención en la superficie de rodamiento de los accesos, para tomar las acciones que se consideren necesarias.
3.7. Muros de retención de los accesos	No se observó la existencia de muros de contención en los accesos.	NA	NA	No hay recomendaciones.
3.8. Sistema de drenaje de los accesos	El puente no contaba con un sistema de drenaje en ninguno de los accesos (Ver Figura 2). La ausencia de un sistema de drenaje en los accesos aumenta el riesgo de erosión de los taludes de los rellenos de aproximación y del talud frente al bastión.	NA	NA	Evaluar la necesidad de construir un sistema de drenaje en los accesos acorde con las condiciones de precipitación del lugar.

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	<b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2017</b>	<b>Página 20/56</b>	<b>VERSIÓN 04</b>

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

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
3.9. Vibración	Se percibió vibración fuerte y movimientos longitudinales perceptibles con el tránsito de vehículos pesados, principalmente en las superestructuras 1, 2, 3 y 4.	NA	NA	No hay recomendaciones.

**Tabla No. 4.** Estado de conservación de la superestructura de vigas de acero: superestructuras 1, 2, 3 y 4.

Elementos	Observaciones	GD	CE	Recomendaciones
4.1. Tablero (losa de concreto).	<p>La superficie superior de la losa presentaba agrietamiento generalizado en dos direcciones con preponderancia en el sentido transversal, con un ancho de grieta mayor a 0,2 mm y con intervalos menores a 500 mm (Ver Fig. 8(a)). Se evidenció una abertura de las juntas de construcción de más de 1,50 mm; se midió una profundidad de 6 cm en una de las juntas en donde se había extraído un núcleo (Ver Fig. 8(b)). Además se observó una alta incidencia de desprendimientos del agregado grueso del concreto y desgaste superficial con exposición también del agregado grueso (Ver Fig. 8(a)).</p> <p>La superficie inferior de la losa presentaba agrietamiento generalizado en dos direcciones con un ancho de grieta de aproximadamente 0,3 mm y con intervalos menores a 500 mm (Ver Fig. 9(b)). Se observó evidencia de eflorescencia en varias de las juntas de construcción (Ver Fig. 9(a)).</p> <p>El agrietamiento observado, los desprendimientos en el concreto, el estado de las juntas de construcción y la evidencia de eflorescencia aumentan la vulnerabilidad a que el daño progrese en ambas superficies (superior e inferior) y aumenta el riesgo de deterioro del acero de refuerzo de la losa.</p>	2	4	<p>Realizar una evaluación de la capacidad estructural ante demandas gravitacionales y sísmicas de los elementos del puente para determinar entre otros análisis, la necesidad de sustituir o no la losa dado su estado de deterioro avanzado.</p> <p>En caso de que se decida no sustituir la losa, se recomienda llevar a cabo una intervención de la misma que tome en cuenta su estado de deterioro avanzado.</p>

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código:  RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	<b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2017</b>	<b>Página 21/56</b>	<b>VERSIÓN 04</b>

**Tabla No. 4.** Estado de conservación de la superestructura de vigas de acero: superestructuras 1, 2, 3 y 4 (*continuación*).

Elementos	Observaciones	GD	CE	Recomendaciones
4.2. Vigas principales de acero	<p>Se observó corrosión localizada en la zona inferior de las vigas externas como resultado de la filtración de agua a través de las juntas de expansión y en la ubicación de los ductos de drenaje (Ver Figs. 4 y 10).</p> <p>Se observaron daños localizados en el sistema de protección de pintura en las conexiones con la estructura colocada para el paso de líneas de vida (Ver Fig. 10).</p> <p>El contacto con la humedad y el nivel de deterioro observado en el sistema de protección de pintura aumenta la vulnerabilidad al deterioro de las vigas de acero, aumentando paulatinamente los costos de mantenimiento y reparación.</p>	1	3	<p>Evaluar la necesidad de intervenir las zonas con deterioro de acuerdo a la severidad y la extensión de la corrosión observada. En caso de que se decida no intervenir las vigas de acero, se recomienda monitorear el avance del deterioro.</p> <p>Ver recomendaciones del punto 3.2. <i>Bordillos y sistema de drenaje del puente</i> y 3.3. <i>Juntas de expansión</i>.</p>
4.3. Vigas Diafragma de acero	<p>Se observaron algunos puntos de oxidación en las almas de las secciones tipo "C".</p>	0	1	<p>Monitorear el avance del deterioro.</p>

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código:  RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	<b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2017</b>	<b>Página 22/56</b>	<b>VERSIÓN 04</b>

**Tabla No. 5.** Estado de conservación de la superestructura tipo armadura de acero:  
superestructuras 5, 6 y 7.

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
5.1. Tablero (losa de concreto).	<p>La superficie superior de la losa presentaba agrietamiento generalizado en dos direcciones con preponderancia en el sentido transversal, con un ancho de grieta mayor a 0,2 mm y con intervalos menores a 500 mm (Ver Fig. 11(a)). Se evidenció una abertura de las juntas de construcción de más de 1,50 mm. Además se observó una alta incidencia de desprendimientos del agregado grueso del concreto y desgaste superficial con exposición también del agregado grueso (Ver Fig. 11(a)). La superestructura 5 fue la que evidenció el mayor nivel de deterioro.</p> <p>La superficie inferior de la losa presentaba agrietamiento generalizado en dos direcciones con un ancho de grieta de aproximadamente 0,3 mm y con intervalos menores a 500 mm. Se identificaron grietas transversales con evidencia de eflorescencia, aunque en la ubicación del bordillo de seguridad (Ver Fig. 11(b)). Además se observó una intervención localizada en la superestructura 7 en donde se dejó expuesto el acero de refuerzo inferior (Ver Fig. 11(b)).</p> <p>El agrietamiento observado, los desprendimientos en el concreto, el estado de las juntas de construcción y el acero de refuerzo expuesto aumentan la vulnerabilidad a que el daño progrese en ambas superficies (superior e inferior) y aumenta el riesgo de deterioro del acero de refuerzo de la losa.</p>	2	4	<p>Ver recomendaciones del punto 4.1. <i>Tablero (Losa de concreto)</i>.</p> <p>Reparar de inmediato la intervención localizada en la superficie inferior del tablero de la superestructura 7 en donde se dejó el acero de refuerzo expuesto, utilizando para ello las mejores prácticas constructivas de reparación.</p>

 <b>LanammeUCR</b>	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR  <b>INFORME DE EVALUACIÓN</b>	Código:  RC-444
	<b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2017</b>	<b>Página 23/56</b>

**Tabla No. 5.** Estado de conservación de la superestructura tipo armadura de acero: superestructuras 5, 6 y 7 (*continuación*).

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
5.2. Armaduras de acero (elementos y conexiones).	<p>Todas las superestructuras (5, 6 y 7) mostraban en sus elementos deterioro del sistema de protección de pintura (Ver Fig. 12(a) superior), y en algunos casos ya se evidenciaban zonas con corrosión (Ver Fig. 12(a) inferior).</p> <p>En general, todas las superestructuras (5, 6 y 7) evidenciaban acumulación de agua y sedimentos en su cuerda inferior con evidencia de deterioro del sistema de protección de pintura u oxidación, pero el caso más crítico era el caso de la superestructura 7 en la zona del bastión 2, en donde se observó un estado avanzado de corrosión con evidente pérdida de sección transversal (Ver Fig. 12(b)).</p> <p>El contacto con la humedad y el nivel de deterioro observado en el sistema de protección de pintura aumenta la vulnerabilidad al deterioro de las cerchas, aumentando paulatinamente los costos de mantenimiento y reparación.</p> <p>El nivel de pérdida de sección observada en el elemento inferior de la superestructura 7 implica un aumento en el nivel de esfuerzos a tensión en el elemento y por lo tanto un aumento en el riesgo de falla de una estructura que no es redundante.</p> <p>En la superestructura 7 se observó un elemento vertical deformado lateralmente producto del impacto de un camión contra el sistema de arriostamiento unido a este elemento (Ver Fig. 13(a)).</p> <p>El nivel de deformación observado es evidencia de que en la zona de deformación el elemento incurrió en el rango inelástico y por lo tanto se podría ver afectada su resistencia a las fuerzas de tensión a las que es sometido.</p>	2	5	<p>Realizar una evaluación de la capacidad estructural ante demandas gravitacionales y sísmicas de los elementos del puente para determinar entre otros análisis, la necesidad de reforzar las armaduras.</p> <p>En el caso de la cuerda inferior de las superestructura 7 se recomienda de inmediato detener el avance del deterioro y determinar las consecuencias en la resistencia del puente de las pérdidas de sección observadas y tomar las acciones del caso.</p> <p>Debido a que no se tuvo el mismo nivel de acceso visual para el caso de las superestructuras 5 y 6, se recomienda determinar el estado de conservación de las cuerdas inferiores de esas armaduras.</p> <p>Intervenir las zonas con deterioro del sistema de protección de pintura y corrosión de acuerdo a la severidad y la extensión observada, y evitar la acumulación de agua en las cuerdas inferiores.</p> <p>Ver recomendaciones de 3.8. <i>Sistema de drenaje de los accesos</i>, 3.3. <i>Juntas de expansión</i> y 5.5. <i>Portales</i>.</p>

 <b>LanammeUCR</b>	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR  <b>INFORME DE EVALUACIÓN</b>	Código:  RC-444
	<b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2017</b>	<b>Página 24/56</b>

**Tabla No. 5.** Estado de conservación de la superestructura tipo armadura de acero: superestructuras 5, 6 y 7 (*continuación*).

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
5.3. Vigas de piso	<p>Se observaron algunos puntos de oxidación en las almas de las secciones tipo "I". El caso más crítico identificado durante la evaluación de la condición se muestra en la Fig. 14(c) y corresponde a un elemento de la superestructura 7 en donde se observó una zona de aproximadamente 1 m de longitud con deterioro del sistema de protección de pintura.</p> <p>El nivel de deterioro observado en el sistema de protección de pintura aumenta la vulnerabilidad al deterioro progresivo, aumentando paulatinamente los costos de mantenimiento y reparación.</p>	2	4	<p>Intervenir las zonas con deterioro del sistema de protección de pintura de acuerdo a la severidad y la extensión observada.</p>
5.4. Vigas transversales	<p>En el extremo de la superestructura 7 que coincide con el bastión 2 se observaron vigas transversales con estado avanzado de corrosión en los extremos, incluyendo pérdida de sección importante en los remaches de las conexiones (Ver Fig. 14(a)).</p> <p>El nivel de pérdida de sección observada en varias de las vigas transversales de la superestructura 7 implica un aumento en el nivel de esfuerzos en estos elementos y por lo tanto un aumento en el riesgo de falla de una estructura que no es redundante.</p> <p>En la viga transversal de la superestructura 7 que coincide con la pila P6 se observaron deformaciones locales en las alas inferiores (Ver Fig. 13(c)), lo cual coincide con la junta en donde se identificaron daños en el concreto (Ver 3.3. <i>Juntas de expansión</i> y Fig. 7(b)). En el caso de la viga transversal de la superestructura 6 en dicha junta se observó corrosión localizada en una zona debido a la filtración de agua (Ver Fig. 14(b)).</p> <p>Existe el riesgo de que dichas deformaciones sean evidencia de alguna deficiencia o disminución en la resistencia a de los elementos ubicados en dicha junta.</p>	2	4	<p>En el caso de la superestructura 7 se recomienda de inmediato determinar las consecuencias en la resistencia del puente de las pérdidas de sección observadas y tomar las acciones del caso.</p> <p>Debido a que no se tuvo el mismo nivel de acceso visual para el caso de las superestructuras 5 y 6, se recomienda determinar el estado de conservación de las vigas transversales y sus conexiones.</p> <p>Se recomienda mantener un monitoreo sobre los elementos del puente que coinciden con la junta en la pila 6.</p>

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código:  RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	<b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2017</b>	<b>Página 25/56</b>	<b>VERSIÓN 04</b>

**Tabla No. 5.** Estado de conservación de la superestructura tipo armadura de acero: superestructuras 5, 6 y 7 (*continuación*).

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
5.5. Portales	<p>Los portales mostraban daños como consecuencia del impacto de camiones (Ver Fig. 13(b)).</p> <p>El nivel de deformación observado en los elementos aumenta el riesgo de que su resistencia a las fuerzas a las que son sometidos sea nula o poco efectiva.</p>	NA	NA	<p>La altura libre es de 4,63 m. La altura libre mínima según AASHTO (2014) es de 4,9 m y según los criterios del MOPT debería ser de 5,5 m. En ninguno de los casos se cumple la normativa. Se recomienda por lo tanto intervenir el puente para aumentar la altura libre y evitar los daños observados. Dicha intervención debe ir acorde con los resultados de la evaluación de capacidad estructural recomendada en 4.1. Tablero y 5.2. Armaduras de acero.</p>
5.6. Sistema de arriostramiento	<p>Una gran cantidad de elementos del sistema de arriostramiento mostraban deformaciones laterales importante como consecuencia del impacto de camiones (Ver Fig. 13(a)).</p> <p>El nivel de deformación observado en los elementos aumenta el riesgo de que su resistencia a las fuerzas a las que son sometidos sea nula o poco efectiva.</p>	2	3	<p>Ver recomendaciones de 5.5. Portales.</p>

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código:  RC-444
	<b>INFORME DE EVALUACIÓN</b>	
	<b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2017</b>	<b>Página 26/56</b>
		<b>VERSIÓN 04</b>

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

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
6.1. Apoyos en bastiones y pilas	<p>En general todos los apoyos y principalmente los de las superestructuras tipo cercha evidenciaban ser del tipo sísmicamente vulnerable según los criterios del Manual de Rehabilitación Sísmica FHWA (2006).</p> <p>Los apoyos ubicados en el bastión B2 evidenciaban zonas puntuales con un estado avanzado de corrosión (Ver Fig. 15(a)).</p> <p>Los apoyos ubicados en ambos extremos del bastión B1 evidenciaban corrosión superficial generalizada y acumulación de sedimentos (Ver Fig. 15(b)).</p> <p>Los apoyos ubicados sobre las pilas evidenciaban zonas con corrosión superficial, acumulación de sedimento y crecimiento de vegetación (Ver Fig. 16).</p> <p>El apoyo móvil de la superestructura 7 en la pila P6 se observó desplazado (Ver Fig. 16(b)), lo cual coincide con la zona en donde se observaron daños en el concreto de la junta y en las vigas transversales (Ver: 3.3. <i>Juntas de expansión</i> y Fig. 7(b); 5.4. <i>Vigas Transversales</i> y Fig. 13(c)).</p> <p>La humedad constante en la zona de apoyos acelera el proceso de corrosión lo cual podría producir un mal funcionamiento de los mismos y generar esfuerzos que podrían conllevar a daños en las superestructuras.</p>	1	3	<p>Evaluar la necesidad de sustituir los apoyos por otros de desempeño igual o superior acorde con los requerimientos de diseño y 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 de rehabilitación sísmica del Manual de Rehabilitación Sísmica FHWA (2006).</p> <p>Se recomienda limpiar los apoyos de la acumulación de sedimentos y de desechos sólidos a su alrededor.</p> <p>Ver la recomendación del punto 3.3 <i>Juntas de expansión</i>.</p> <p>Se recomienda mantener un monitoreo sobre los elementos del puente que coinciden con la junta en la pila 6.</p>
6.2. Bastiones	<p>En el bastión B2 se observó filtración de agua en 100% del área de la viga cabezal. En el caso del bastión B1 la filtración era alrededor del 20% del área de la viga cabezal (Ver Fig. 17(a)).</p>	1	3	<p>Realizar las mejoras indicadas en el punto 3.3. <i>Juntas de expansión</i>.</p>
6.3. Aletones	<p>No se apreciaron problemas.</p>	0	1	<p>No hay recomendaciones.</p>
6.4. Pilas (viga cabezal, cuerpo)	<p>En las pilas se observó filtración de agua en aproximadamente el 50% del área de la viga cabezal. (Ver Figura 18).</p>	1	3	<p>Realizar las mejoras indicadas en el punto 3.3. <i>Juntas de expansión</i>.</p>
6.5. Cimentaciones	<p>No se tuvo acceso a las cimentaciones.</p>	NI	NI	<p>No hay recomendaciones.</p>

 <b>LanammeUCR</b>	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código:  RC-444	
	<b>INFORME DE EVALUACIÓN</b>		
	<b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2017</b>	<b>Página 27/56</b>	<b>VERSIÓN 04</b>

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

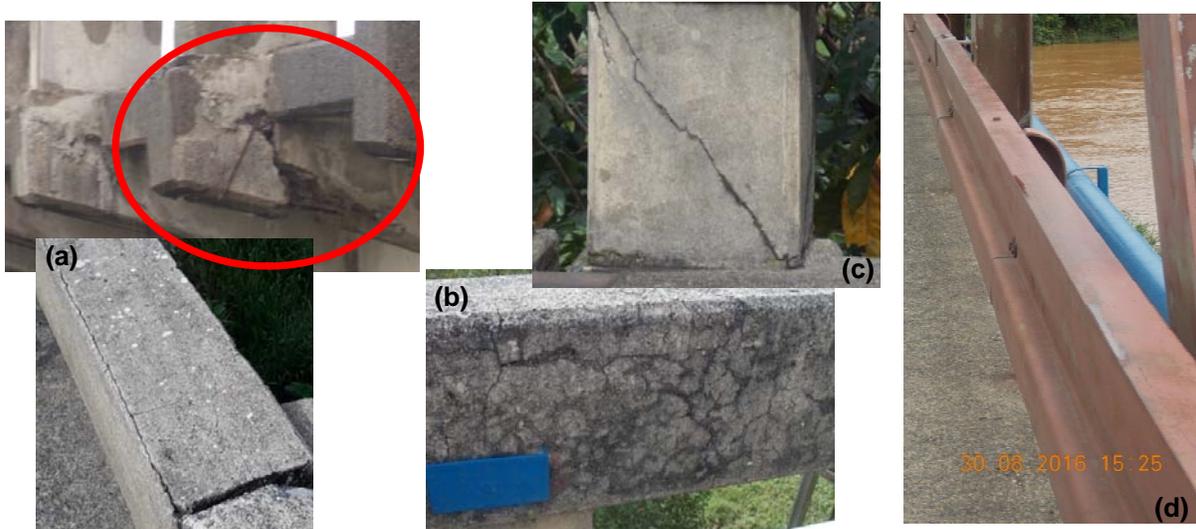
ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
7.1. Longitud de asiento en bastiones y pilas	<p>La longitud de asiento mínima requerida en la sección 4.7.4.4 de la norma AASHTO LRFD 2014 y considerando la importancia del puente según los <i>Lineamientos para Diseño Sismorresistente de Puentes del 2013</i>, así como la longitud de asiento existente de acuerdo a la información de planos y las mediciones realizadas en campo son las siguientes:</p> <p><b>Bastión 1 (B1):</b> Requerido: 470 mm; Existente: 450 mm (Medido en campo).</p> <p><b>Pila 1 (P1), Pila 2 (P2) y Pila 3 (P3):</b> Requerido: 580 mm; Existente: 430 mm (Según planos).</p> <p><b>Pila 4 (P4) y Pila 5 (P5):</b> Requerido: 780 mm; Existente: 430 mm (Según planos).</p> <p><b>Pila 6 (P6):</b> Requerido: 810 mm; Existente: 400 mm (Medido en campo).</p> <p><b>Bastión 2 (B2):</b> Requerido: 630 mm; Existente: 450 mm (Medido en campo).</p> <p>Una longitud de asiento existente menor a la requerida aumenta el riesgo de que la superestructura colapse durante un evento sísmico de importancia.</p>	3	4	<p>Realizar una evaluación de capacidad estructural y sísmica del puente con base en los requisitos de la especificación de diseño AASHTO LRFD 2014, los Lineamientos para Diseño Sismorresistente de Puentes (2013) y el Manual de Rehabilitación Sísmica FHWA (2006) para definir las acciones a seguir dado que la longitud de asiento mínima requerida es menor a la existente, siendo incluso la mitad en el caso de la pila P6.</p> <p>Las superestructuras 5, 6 y 7 (tipo cercha) están excluidas del alcance de los Lineamientos para Diseño Sismorresistente de Puentes (2013) y del Manual de Rehabilitación Sísmica FHWA (2006), y por lo tanto requieren de un análisis específico de rehabilitación sísmica.</p>
7.2. Dispositivos para prevención de colapso (llaves de corte)	<p>El puente no contaba con dispositivos para prevención de colapso o llaves de cortante, sólo con pernos de anclaje en los apoyos.</p> <p>La ausencia de este tipo de dispositivos aumenta el riesgo de que la superestructura experimente desplazamiento laterales considerables y con ello daños o incluso el colapso durante un evento sísmico de importancia.</p>	1	2	<p>Realizar una evaluación de capacidad estructural y sísmica del puente con base en los requisitos de la especificación de diseño AASHTO LRFD 2014, los Lineamientos para Diseño Sismorresistente de Puentes (2013) y el Manual de Rehabilitación Sísmica FHWA (2006) para evaluar la necesidad de colocar dispositivos para prevención de colapso.</p>
7.3. Protección de taludes de relleno	No se observaron daños.	0	1	<p>Monitorear el estado de los taludes de relleno del acceso 1 luego de crecidas del río que lleguen incluso a nivel de la base.</p>

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR  <b>INFORME DE EVALUACIÓN</b>		Código:  RC-444
	<b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2017</b>	<b>Página 28/56</b>	<b>VERSIÓN 04</b>

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

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
7.4. Protección de taludes frente al bastión	<p>En la protección del talud frente al bastión B1 se observó una grieta en el extremo oeste que abarca toda la altura del talud (Ver Fig. 17(b)).</p> <p>Al ser la protección del talud un enrocado unido por medio de mortero, este tipo de grietas aumenta el riesgo de que se filtre agua de escorrentía o durante las crecidas del río y empiece a socavar el suelo por debajo de la protección, aumentando la vulnerabilidad a que dicha protección falle.</p>	0	1	Sellar la grieta y mantener monitoreada la protección del talud frente al bastión luego de crecidas del río que lleguen incluso a nivel de la base.
7.5. Protección de socavación en pilas	No se observó ninguna protección de socavación en las pilas y en los planos no viene especificado algún tipo de protección.	0	1	Evaluar el nivel de socavación de la pila P6 durante un nivel bajo del río que así lo permita, y decidir si es necesario llevar a cabo un estudio hidrológico-hidráulico para determinar las medidas a seguir.
7.6. Cauce del río	No hay observaciones.	NA	NA	Mantener monitoreado el cauce del río.

 <b>LanammeUCR</b>	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444	
	<b>INFORME DE EVALUACIÓN</b>		
	<b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2017</b>	<b>Página 29/56</b>	<b>VERSIÓN 04</b>



**Figura 1.** Barrera de contención vehicular: (a) Arreglo en sección este de superestructura 1 con acero de refuerzo expuesto debido a vacíos en el concreto de elementos en voladizo y agrietamiento en elemento horizontal; (b) Agrietamiento en ambas direcciones en sección de elemento horizontal oeste de superestructura 1; (c) Grieta inclinada en elemento vertical este de superestructura 2; (d) Deterioro del sistema de protección de pintura.



**Figura 2.** Ausencia marcadores de objeto y guardavías en ambos accesos. Caso del acceso 1.

 <b>LanammeUCR</b>	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444	
	INFORME DE EVALUACIÓN	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2017	Página 30/56



**Figura 3.** Estado de conservación deficiente de la señalización así como acumulación de sedimentos en los bordillos.



**Figura 4.** Longitud insuficiente de los ductos de drenaje según los requerimientos de la sección 2.6.6.4 del AASHTO LRFD 2014 y descarga del agua sobre el ala inferior de vigas principales externas.

 <b>LanammeUCR</b>	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444
	<b>INFORME DE EVALUACIÓN</b>	
	<b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2017</b>	<b>Página 31/56</b>
		<b>VERSIÓN 04</b>



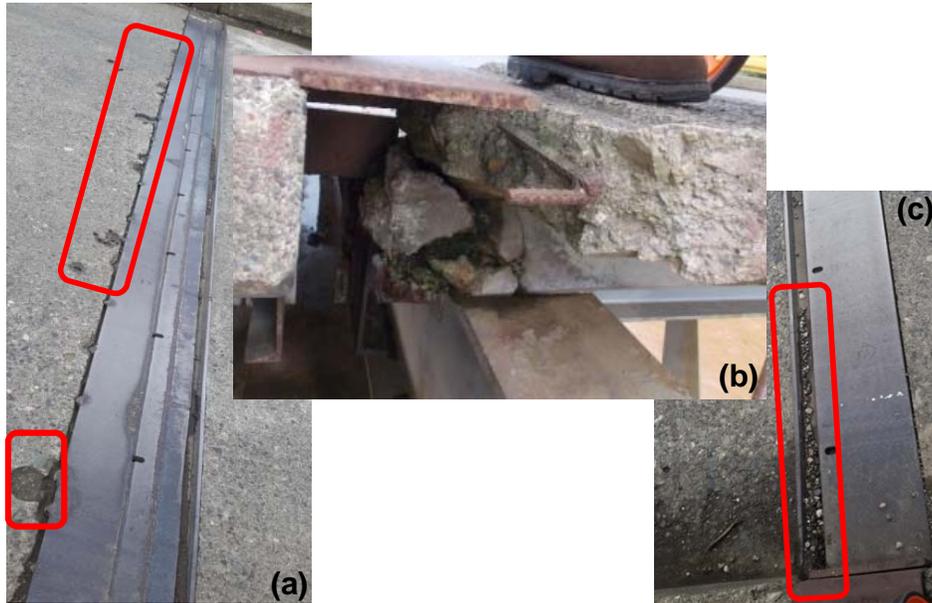
**Figura 5.** Zona intervenida de la superficie de rodamiento del acceso 2 con evidencia de agrietamiento en ambas direcciones que coinciden con deformaciones permanentes.



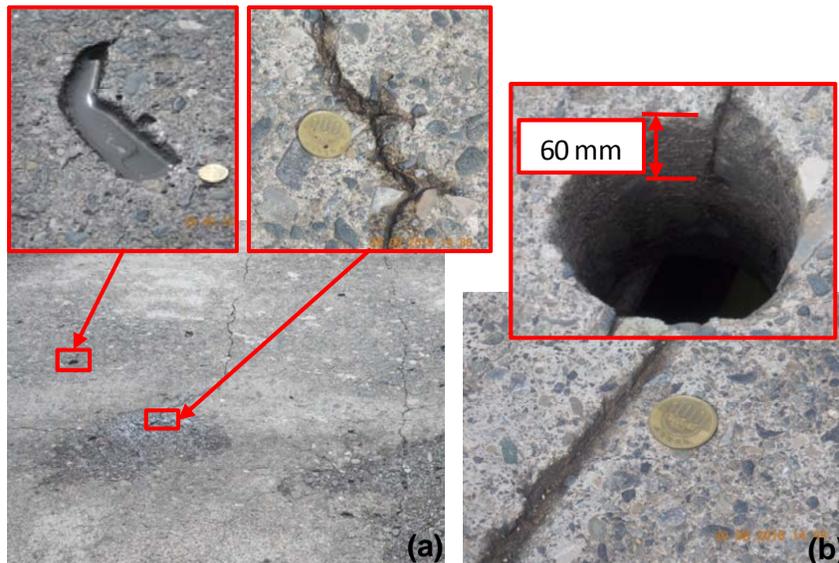
**Figura 6.** Estado de las juntas de expansión en bastiones: (a) Junta obstruida y daño en el concreto en bastión B1; (b) Obstrucción del espacio libre de la junta en bastión B2.

Informe LM-PIE-UP-P01-2017	Mayo, 2017	Página 31 de 56
----------------------------	------------	-----------------

 <b>LanammeUCR</b>	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444
	<b>INFORME DE EVALUACIÓN</b>	
	<b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2017</b>	<b>Página 32/56</b>
		<b>VERSIÓN 04</b>



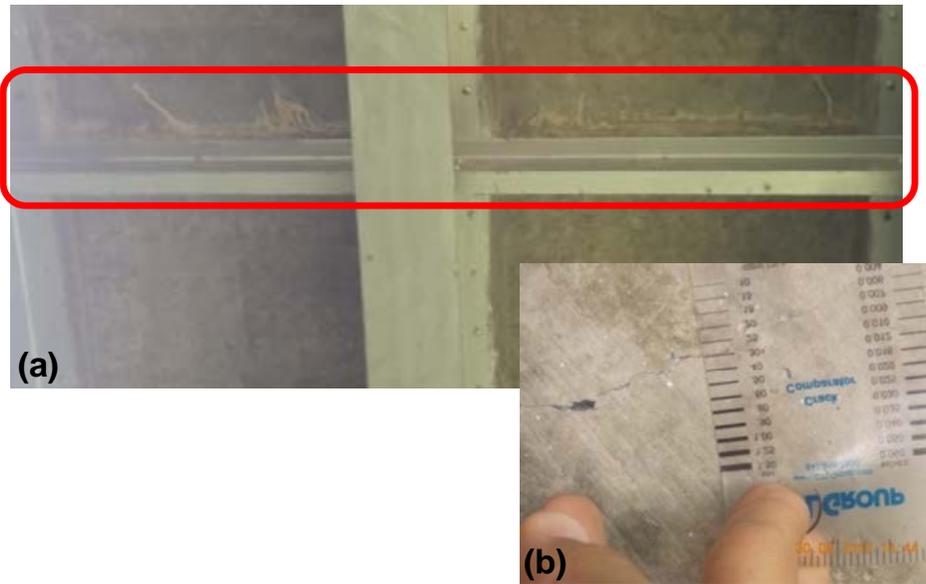
**Figura 7.** Estado de las juntas de expansión en pilas: (a) Daño en concreto en intervención de junta en pila P4; (b) Desprendimiento de concreto y acero de refuerzo expuesto en junta en pila P6; (c) Acumulación de sedimentos en juntas en pilas P1, P2, P3 y P5.



**Figura 8.** Superficie superior de tablero de superestructuras 1, 2, 3 y 4: (a) Agrietamiento en ambas direcciones y desprendimientos en el concreto; (b) Deterioro de juntas de construcción con abertura mayor a 1,50 mm y una profundidad de 60 mm (Nota: El diámetro aproximado de una moneda de 100 colones es de 30 mm).

Informe LM-PIE-UP-P01-2017	Mayo, 2017	Página 32 de 56
----------------------------	------------	-----------------

 <b>LanammeUCR</b>	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444
	<b>INFORME DE EVALUACIÓN</b>	
	<b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2017</b>	<b>Página 33/56</b>
		<b>VERSIÓN 04</b>

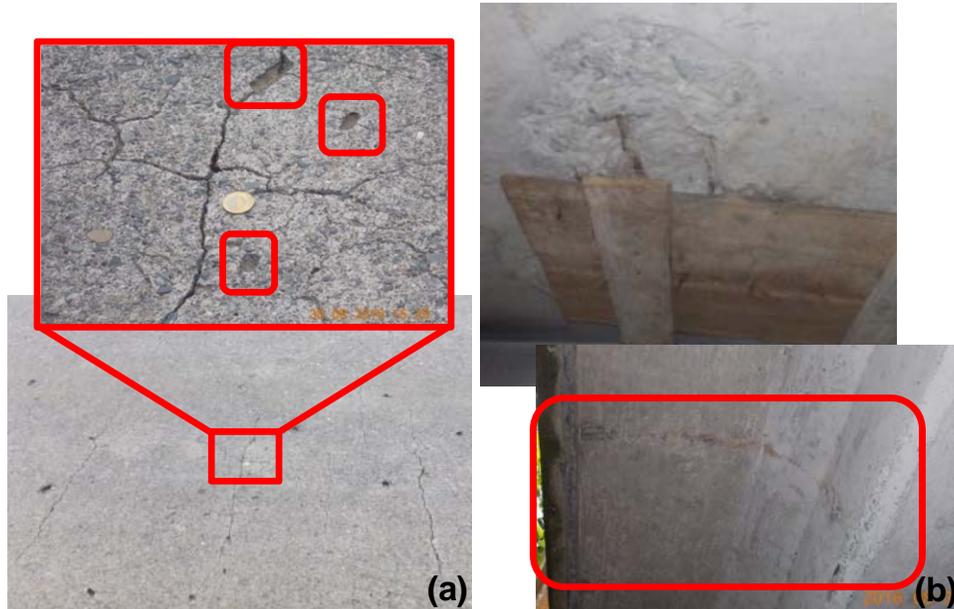


**Figura 9.** Superficie inferior de tablero de superestructuras 1, 2, 3 y 4: (a) Evidencia de eflorescencia en junta de construcción; (b) Medición de ancho de grieta de 0,30 mm.



**Figura 10.** Corrosión y daños en el sistema de protección de pintura en las vigas principales de las superestructuras 1, 2, 3 y 4.

 <b>LanammeUCR</b>	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444
	<b>INFORME DE EVALUACIÓN</b>	
	<b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2017</b>	<b>Página 34/56</b>
		<b>VERSIÓN 04</b>

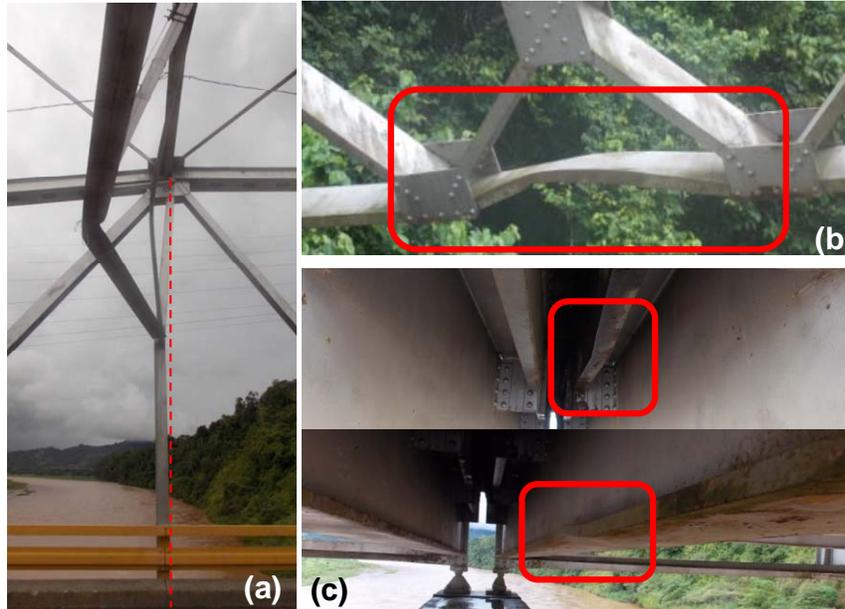


**Figura 11.** Tablero de superestructuras 5, 6 y 7: (a) Superficie superior con agrietamiento y desprendimientos; (b) Acero de refuerzo expuesto y eflorescencia en superficie inferior.



**Figura 12.** Armaduras de las superestructuras 5, 6 y 7: (a) Deterioro del sistema de protección de pintura y corrosión; (b) Estado de corrosión avanzado con pérdida de sección en cuerda inferior de superestructura 7 en bastión B2.

 <b>LanammeUCR</b>	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444	
	<b>INFORME DE EVALUACIÓN</b>		
	<b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2017</b>	<b>Página 35/56</b>	<b>VERSIÓN 04</b>

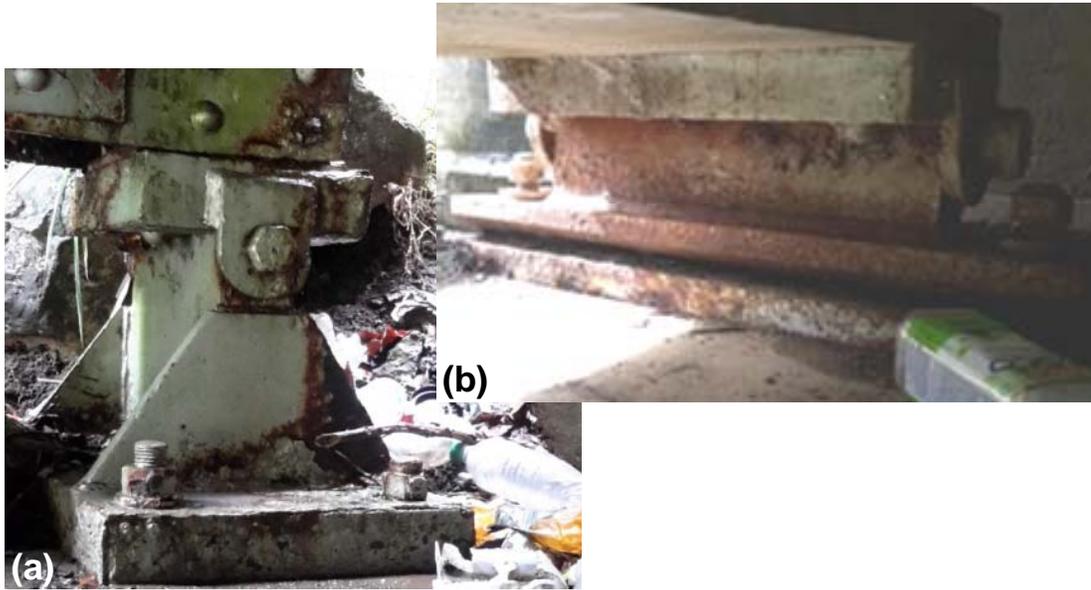


**Figura 13.** Elementos deformados en superestructuras 5, 6 y 7: (a) Elemento vertical de armadura de superestructura 7 y elemento del sistema de arriostramiento; (b) Portal en acceso 2; (c) Elementos transversales de superestructura 7 que coinciden con pila P6.



**Figura 14.** Deterioro del sistema de protección de pintura y corrosión en elementos de superestructuras 5, 6 y 7: (a) Estado de corrosión avanzado con pérdida de sección en vigas transversales cerca de bastión B2; (b) Corrosión en viga transversal de superestructura 6 en pila P6; (c) Deterioro en sistema de protección de pintura de viga de piso, superestructura 7.

 <b>LanammeUCR</b>	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444
	<b>INFORME DE EVALUACIÓN</b>	
	<b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2017</b>	<b>Página 36/56</b>
		<b>VERSIÓN 04</b>



**Figura 15.** Apoyos en bastiones: (a) Zonas puntuales con estado avanzado de corrosión en bastión B2; (b) Corrosión superficial generalizada en apoyos extremos de bastión B1.



**Figura 16.** Apoyos en pilas: (a) Zonas con corrosión superficial, acumulación de sedimentos y crecimiento de vegetación; (b) Acumulación de agua y apoyo móvil de superestructura 7 con desplazamiento en pila P6.

Informe LM-PIE-UP-P01-2017	Mayo, 2017	Página 36 de 56
----------------------------	------------	-----------------

 <b>LanammeUCR</b>	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR  <b>INFORME DE EVALUACIÓN</b>	Código:  RC-444
	<b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2017</b>	<b>Página 37/56</b>



**Figura 17.** Zona de los bastiones: (a) Filtración de agua en 100% del área de la viga cabezal del bastión B2; (b) Grieta en protección del talud frente al bastión B1; vista superior.



**Figura 18.** Filtración de agua en aproximadamente 50% del área de la viga cabezal en pilas; caso de la pila P6.

 <b>LanammeUCR</b>	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código:  RC-444
	<b>INFORME DE EVALUACIÓN</b>		
	<b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2017</b>	<b>Página 38/56</b>	<b>VERSIÓN 04</b>

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este informe se presentan las observaciones realizadas durante la evaluación visual de la condición del puente sobre el río Grande de Térraba ubicado en la Ruta Nacional No. 02. Las Tablas No. 2 a No. 7 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 ALARMANTE:

CATEGORÍA	CONDICIÓN	DESCRIPCIÓN	
		Integridad Estructural y Seguridad Vial	Necesidad de Atención
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

La calificación anterior se brindó por lo siguiente:

- a. En general, todas las superestructuras tipo cercha (5, 6 y 7) evidenciaban acumulación de agua y sedimentos en su cuerda inferior con evidencia de deterioro del sistema de protección de pintura u oxidación, pero el caso más crítico era el caso de la superestructura 7 en la zona del bastión 2, en donde se observó un estado avanzado de corrosión con evidente pérdida de sección transversal, lo cual implica un aumento en el nivel de esfuerzos a tensión en el elemento y por lo tanto un aumento en el riesgo de falla de una estructura que no es redundante.

Adicionalmente se observaron las siguientes deficiencias consideradas como de condición SERIA:

Informe LM-PIE-UP-P01-2017	Mayo, 2017	Página 38 de 56
----------------------------	------------	-----------------

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código:  RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	<b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2017</b>	<b>Página 39/56</b>	<b>VERSIÓN 04</b>

- b. La superficie superior de la losa presentaba agrietamiento generalizado en dos direcciones con preponderancia en el sentido transversal, con un ancho de grieta mayor a 0,2 mm y con intervalos menores a 500 mm. Se evidenció una abertura de las juntas de construcción de más de 1,50 mm; se midió una profundidad de 6 cm en una de las juntas en donde se había extraído un núcleo. Además se observó una alta incidencia de desprendimientos del agregado grueso del concreto y desgaste superficial con exposición también del agregado grueso. La superficie inferior de la losa presentaba agrietamiento generalizado en dos direcciones con un ancho de grieta de aproximadamente 0,3 mm y con intervalos menores a 500 mm. Se observó evidencia de eflorescencia en varias de las juntas de construcción. Además se observó una intervención localizada en la superestructura 7 en donde se dejó expuesto el acero de refuerzo inferior
- c. En el extremo de la superestructura 7 que coincide con el bastión 2 se observaron vigas transversales con un estado avanzado de corrosión en los extremos, incluyendo pérdida de sección importante en los remaches de las conexiones.
- d. La longitud de asiento mínima requerida en la sección 4.7.4.4 de la norma AASHTO LRFD 2014 y considerando la importancia del puente según los *Lineamientos para Diseño Sismorresistente de Puentes del 2013*, es mayor a la longitud existente tanto en los bastiones como en las pilas, siendo el caso más crítico el de la pila P6 en donde es el doble de la existente (810 mm requeridos contra 400 mm existentes).

Además, se observó lo siguiente:

- e. No se observaron guardavías en ambos accesos al puente.
- f. Hay evidencia de que el sistema de contención vehicular del puente no cumplía con las especificaciones para barreras vehiculares de AASHTO LRFD 2014. Además: en la

Informe LM-PIE-UP-P01-2017	Mayo, 2017	Página 39 de 56
----------------------------	------------	-----------------

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR  INFORME DE EVALUACIÓN		Código:  RC-444
	<b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2017</b>	<b>Página 40/56</b>	<b>VERSIÓN 04</b>

barrera vehicular de contención de concreto se observó una intervención realizada en una sección este de la superestructura 1 que evidenciaba acero de refuerzo expuesto y agrietamiento en el elemento horizontal; agrietamiento en ambas direcciones en sección de elemento horizontal de sección oeste de superestructura 1; una grieta inclinada en toda la altura del elemento vertical de superestructura 2 que coincide con la junta de expansión 2; en la barrera vehicular de acero se observó deterioro del sistema de protección de pintura.

- g. Ausencia de aceras.
- h. No se observaron rótulos de identificación en ninguno de los accesos.
- i. El día de la evaluación se evidenció que se habían perdido la mayoría de los captaluces a lo largo de la línea de centro. Se observó que tanto la línea centro como las líneas de borde se encontraban en mal estado y por lo tanto es de esperar que su nivel de retro-reflexión sea bajo. No se observaron marcadores de objeto en ninguno de los accesos.
- j. Longitud insuficiente de los ductos de salida del sistema de drenaje según las recomendaciones de AASHTO LRFD 2014, y por lo tanto el agua descargaba directamente sobre las alas inferiores de las vigas principales externas de las superestructuras 1, 2, 3 y 4.
- k. Acumulación de sedimentos en los bordillos.
- l. La junta de expansión en el bastión B1 se encontraba completamente obstruida y además se observó agrietamiento y desprendimiento de concreto en el extremo inferior este. En el caso de la junta de expansión en el bastión B2, el espacio libre para el movimiento de la junta se encontraba obstruido con mezcla asfáltica, y adicionalmente se evidenció 100% de filtración de agua. En la junta de expansión en la pila P4 se observó una intervención realizada en la misma que evidenciaba deterioro por desprendimiento de concreto en la conexión con la superestructura 4. En la junta de

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código:  RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	<b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2017</b>	<b>Página 41/56</b>	<b>VERSIÓN 04</b>

expansión en la pila P6 se observó agrietamiento y desprendimiento del concreto así como acero de refuerzo expuesto. En las juntas de expansión en las pilas P1, P2, P3 y P5 se observó acumulación parcial de sedimentos en el espacio libre para el movimiento de la junta. Todas las juntas en las pilas evidenciaban filtración de agua principalmente en los extremos.

- m. En la superficie de rodamiento asfáltica del acceso 2 se identificó una intervención llevada a cabo en la zona que coincide con la junta de expansión, la cual evidenciaba agrietamiento en ambas direcciones a través del cual se estaba filtrando el agua de escorrentía, y que coincidía además con deformaciones permanentes en el pavimento.
- n. El puente no contaba con un sistema de drenaje en ninguno de los accesos.
- o. Se percibió vibración fuerte y movimientos longitudinales perceptibles con el tránsito de vehículos pesados, principalmente en las superestructuras 1, 2, 3 y 4.
- p. En las vigas principales de las superestructuras 1, 2, 3 y 4 se observó corrosión localizada en la zona inferior de las vigas externas como resultado de la filtración de agua a través de las juntas de expansión y en la ubicación de los ductos de drenaje. Se observaron además daños localizados en el sistema de protección de pintura en las conexiones con la estructura colocada para el paso de líneas de vida.
- q. En las vigas diafragma de acero de las superestructuras 1, 2, 3 y 4 se observaron algunos puntos de oxidación en las almas de las secciones tipo "C".
- r. Todas las armaduras de acero de las superestructuras 5, 6 y 7 mostraban en sus cuerdas superiores, diagonales y elementos verticales deterioro del sistema de protección de pintura, y en algunos casos ya se evidenciaban zonas con corrosión.
- s. En las vigas de piso de las superestructuras 5, 6 y 7 se observaron algunos puntos de oxidación en las almas de las secciones tipo "I". El caso más crítico corresponde a un

Informe LM-PIE-UP-P01-2017	Mayo, 2017	Página 41 de 56
----------------------------	------------	-----------------

 <b>LanammeUCR</b>	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR  <b>INFORME DE EVALUACIÓN</b>		Código:  RC-444
	<b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2017</b>	<b>Página 42/56</b>	<b>VERSIÓN 04</b>

elemento de la superestructura 7 en donde se observó una zona de aproximadamente 1 m de longitud con deterioro del sistema de protección de pintura.

- t. En la viga transversal de la superestructura 7 que coincide con la pila P6 se observaron deformaciones locales en las alas inferiores. En el caso de la viga transversal de la superestructura 6, en dicha junta se observó corrosión localizada en una zona debido a la filtración de agua.
- u. Los portales mostraban daños como consecuencia del impacto de camiones.
- v. Una gran cantidad de elementos del sistema de arriostramiento mostraban deformaciones laterales importantes como consecuencia del impacto de camiones. En la armadura de acero de la superestructura 7 se observó un elemento vertical deformado lateralmente producto del impacto de un camión contra el sistema de arriostramiento unido a este elemento.
- w. En general todos los apoyos evidenciaban ser del tipo sísmicamente vulnerable según los criterios del Manual de Rehabilitación Sísmica FHWA (2006). Los apoyos ubicados en el bastión B2 evidenciaban zonas puntuales con un estado avanzado de corrosión. Los apoyos ubicados en ambos extremos del bastión B1 evidenciaban corrosión superficial generalizada y acumulación de sedimentos. Los apoyos ubicados sobre las pilas evidenciaban zonas con corrosión superficial, acumulación de sedimento y crecimiento de vegetación. El apoyo móvil de la superestructura 7 en la pila P6 se observó desplazado, lo cual coincide con la zona en donde se observaron daños en el concreto de la junta y en las vigas transversales.
- x. En el bastión B2 se observó filtración de agua en 100% del área de la viga cabezal. En el caso del bastión B1 la filtración era alrededor del 20% del área de la viga cabezal.
- y. En las pilas se observó filtración de agua en aproximadamente el 50% del área de la viga cabezal.

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código:  RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	<b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2017</b>	<b>Página 43/56</b>	<b>VERSIÓN 04</b>

z. En la protección del talud frente al bastión B1 se observó una grieta en el extremo oeste que abarca toda la altura del talud.

aa. No se observó ninguna protección de socavación en las pilas y en los planos no viene especificado algún tipo de protección.

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

1. Dado que el puente ha superado la vida útil de diseño se recomienda a la Administración realizar un análisis de conveniencia para determinar si el puente sobre el río Grande de Térraba puede continuar en funcionamiento o debe ser rehabilitado o reemplazado.
2. En caso de que se considere que el puente puede continuar en funcionamiento, se recomienda realizar una evaluación de la capacidad estructural y sísmica del puente con base en los requisitos de la especificación de diseño AASHTO LRFD 2014 (AASHTO, 2014), los Lineamientos para Diseño Sismorresistente de Puentes (CFIA, 2013) y el Manual de Rehabilitación Sísmica (FHWA, 2006) para definir las medidas de intervención necesarias en el puente incluyendo los daños observados en la losa de concreto y la necesidad de reforzar las armaduras de acero, así como la evaluación de la necesidad de colocar dispositivos para prevención de colapso y la definición de las acciones a seguir dado que la longitud de asiento mínima requerida es menor a la existente, siendo incluso la mitad en el caso de la pila P6. Se debe tener en cuenta de que las superestructuras tipo cercha están excluidas del alcance de los Lineamientos para Diseño Sismorresistente de Puentes (2013) y del Manual de Rehabilitación Sísmica FHWA (2006), y por lo tanto requiere de un análisis específico de rehabilitación sísmica.
3. En el caso de la cuerda inferior y las vigas transversales de la superestructura 7, se recomienda de inmediato detener el avance del deterioro y determinar las consecuencias en la resistencia del puente de las pérdidas de sección observadas y tomar las acciones

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR  <b>INFORME DE EVALUACIÓN</b>		Código:  RC-444
	<b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2017</b>	<b>Página 44/56</b>	<b>VERSIÓN 04</b>

del caso. Debido a que no se tuvo el mismo nivel de acceso visual para el caso de las superestructuras 5 y 6, se recomienda determinar el estado de conservación de las cuerdas inferiores, de las vigas de piso y de las respectivas conexiones de esas armaduras.

4. En caso de que como resultado de la evaluación de capacidad estructural y sísmica del puente se decida no sustituir la losa, se recomienda llevar a cabo una intervención de la misma que tome en cuenta su estado de deterioro.
5. Reparar de inmediato la intervención localizada en la superficie inferior del tablero de la superestructura 7 en donde se dejó el acero de refuerzo expuesto, utilizando para ello las mejores prácticas constructivas de reparación.
6. Intervenir el puente para aumentar la altura libre superior. Dicha intervención debe ir acorde con los resultados de la evaluación de capacidad estructural.
7. Evaluar la necesidad de sustituir los apoyos por otros de desempeño igual o superior acorde con los requerimientos de diseño y condiciones ambientales del puente. En caso de que se decida no sustituirlos, se recomienda intervenirlos de acuerdo a su estado de deterioro y siguiendo las recomendaciones de rehabilitación sísmica del Manual de Rehabilitación Sísmica FHWA (2006). Se recomienda limpiar los apoyos de la acumulación de sedimentos y de desechos sólidos a su alrededor.
8. En caso de que se decida intervenir la losa de concreto, realizar una evaluación para verificar si la barrera vehicular del puente cumple con las especificaciones para barreras de contención vehicular de AASHTO LRFD 2014, con el fin de decidir si se debe sustituir, rehabilitar a una barrera que cumpla con las especificaciones o si sólo se deben reparar los deterioros observados.
9. Instalar guardavías en ambos accesos al puente de acuerdo con las especificaciones del fabricante y las especificaciones incluidas en el Manual SCV (Valverde, 2011).
10. Evaluar la necesidad de construir aceras que cumplan con los requisitos de la Ley 7600 y con las medidas de seguridad vial de la Sección 13 del AASHTO LRFD 2014 (AASHTO,

Informe LM-PIE-UP-P01-2017	Mayo, 2017	Página 44 de 56
----------------------------	------------	-----------------

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código:  RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	<b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2017</b>	<b>Página 45/56</b>	<b>VERSIÓN 04</b>

2014), según las condiciones de tráfico tanto peatonal como de ciclistas así como de tráfico vehicular del puente y acorde con su vida útil.

11. Colocar rótulos en ambos accesos que indiquen además del nombre del puente el número de la ruta.
12. Colocar captaluces a lo largo de la línea de centro y marcadores de objetos en los accesos del puente. Pintar las líneas de centro y de borde en el puente de acuerdo con las especificaciones brindadas en la Sección 634 del CR2010. Mantener limpios los bordillos de sedimentos para mantener una adecuada visibilidad de los captaluces.
13. Debido a la longitud total del puente (343,5 m), se recomienda verificar y garantizar el adecuado funcionamiento de la iluminación.
14. Monitorear el avance del desgaste superficial observado en la superficie de rodamiento.
15. Limpiar los bordillos del puente y establecer un programa de mantenimiento rutinario donde se incluya su limpieza periódica. Colocar extensiones en las salidas de los orificios de drenaje de la superestructura que cumplan con los requerimientos de la sección 2.6.6.4 de AASHTO LRFD 2014.
16. Eliminar la obstrucción por mezcla asfáltica de las juntas en los bastiones B1 y B2, y además evaluar el estado de la junta en el bastión B1 para determinar las acciones a seguir acorde con su estado de conservación. Reparar el deterioro evidenciado por el concreto de los bordes de las juntas en el bastión B1 y la pila P6. Limpiar la acumulación de sedimentos observados en las juntas de expansión y establecer un programa de mantenimiento rutinario donde se incluya su limpieza periódica. Evitar la filtración de agua a través de las juntas de expansión, principalmente en el caso del bastión B2 y de los extremos de todas las juntas en la ubicación del bordillo de seguridad. Si se decide rehabilitar o intervenir la losa del puente, realizar una evaluación para determinar el tipo de junta a utilizar acorde con los requerimientos de diseño y condiciones ambientales del puente.
17. Sustituir la estructura de pavimento del acceso 2 contiguo a la junta de expansión, por una acorde con el tránsito de la ruta y las condiciones ambientales del lugar.

Informe LM-PIE-UP-P01-2017	Mayo, 2017	Página 45 de 56
----------------------------	------------	-----------------

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR  <b>INFORME DE EVALUACIÓN</b>		Código:  RC-444
	<b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2017</b>	<b>Página 46/56</b>	<b>VERSIÓN 04</b>

18. Verificar el estado de las losas de aproximación como mínimo en el momento en el que se realice una intervención en la superficie de rodamiento de los accesos, para tomar las acciones que se consideren necesarias.
19. Evaluar la necesidad de construir un sistema de drenaje en los accesos acorde con las condiciones de precipitación del lugar.
20. Evaluar la necesidad de intervenir las zonas con deterioro de las vigas principales de acero de las superestructuras 1, 2, 3 y 4, de acuerdo a la severidad y la extensión de la corrosión observada. En caso de que se decida no intervenir las vigas de acero, se recomienda monitorear el avance del deterioro.
21. Monitorear el avance del deterioro observado en las vigas diafragma de las superestructuras 1, 2, 3 y 4.
22. Intervenir las zonas con deterioro del sistema de protección de pintura de acuerdo a la severidad y la extensión observadas en las armaduras y vigas de piso de las superestructuras 5, 6 y 7, y evitar la acumulación de agua y sedimentos en las cuerdas inferiores de las armaduras.
23. Se recomienda mantener un monitoreo sobre los elementos del puente que coinciden con la junta en la pila 6, incluyendo la junta de expansión, losa, vigas transversales y apoyos.
24. Monitorear el estado de los taludes de relleno del acceso 1 luego de crecidas del río que lleguen incluso a nivel de la base.
25. Sellar la grieta observada en la protección del talud frente al bastión B1 y mantener un monitoreo en dicha protección luego de crecidas del río que lleguen incluso a nivel de la base.
26. Evaluar el nivel de socavación de la pila P6 durante un nivel bajo del río que así lo permita, y decidir si es necesario llevar a cabo un estudio hidrológico-hidráulico para determinar las medidas a seguir.

Informe LM-PIE-UP-P01-2017	Mayo, 2017	Página 46 de 56
----------------------------	------------	-----------------

 <b>LanammeUCR</b>	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR  <b>INFORME DE EVALUACIÓN</b>		Código:  RC-444
	<b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2017</b>	<b>Página 47/56</b>	<b>VERSIÓN 04</b>

27. Mantener monitoreado el cauce del río.

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.

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código:  RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	<b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2017</b>	<b>Página 48/56</b>	<b>VERSIÓN 04</b>

## 7. REFERENCIAS

1. AASHTO (2014). *LRFD Bridge Design Specifications. Seventh Edition with 2015 Interim Revisions*. American Association of State Highway and Transportation Officials. Washington, D.C., USA.
2. 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.
3. FHWA (2006). *Seismic Retrofitting Manual for Highway Structures: Part 1 - Bridges*. Federal Highway Administration. New York, USA.
4. 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.
5. MOPT (2016). *Anuario de Información de Transito 2015*. Proceso de Planificación Estratégica de Servicios de Infraestructura y de Transporte. Secretaría de Planificación Sectorial. Ministerio de Obras Públicas y Transportes. San José, Costa Rica.
6. 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.
7. 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.
8. 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.

Informe LM-PIE-UP-P01-2017	Mayo, 2017	Página 48 de 56
----------------------------	------------	-----------------

 <b>LanammeUCR</b>	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR  <b>INFORME DE EVALUACIÓN</b>		Código:  RC-444
	<b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2017</b>	<b>Página 49/56</b>	<b>VERSIÓN 04</b>

# ANEXO A

## Criterios para clasificar el estado de conservación del puente.

 <b>LanammeUCR</b>	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR  <b>INFORME DE EVALUACIÓN</b>		Código:  RC-444
	<b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2017</b>	<b>Página 50/56</b>	<b>VERSIÓN 04</b>

Página intencionalmente dejada en blanco

 <b>LanammeUCR</b>	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR  <b>INFORME DE EVALUACIÓN</b>		Código:  RC-444
	<b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2017</b>	<b>Página 51/56</b>	<b>VERSIÓN 04</b>

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

El procedimiento de evaluación considera las siguientes variables:

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

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código:  RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	<b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2017</b>	<b>Página 52/56</b>	<b>VERSIÓN 04</b>

- 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:

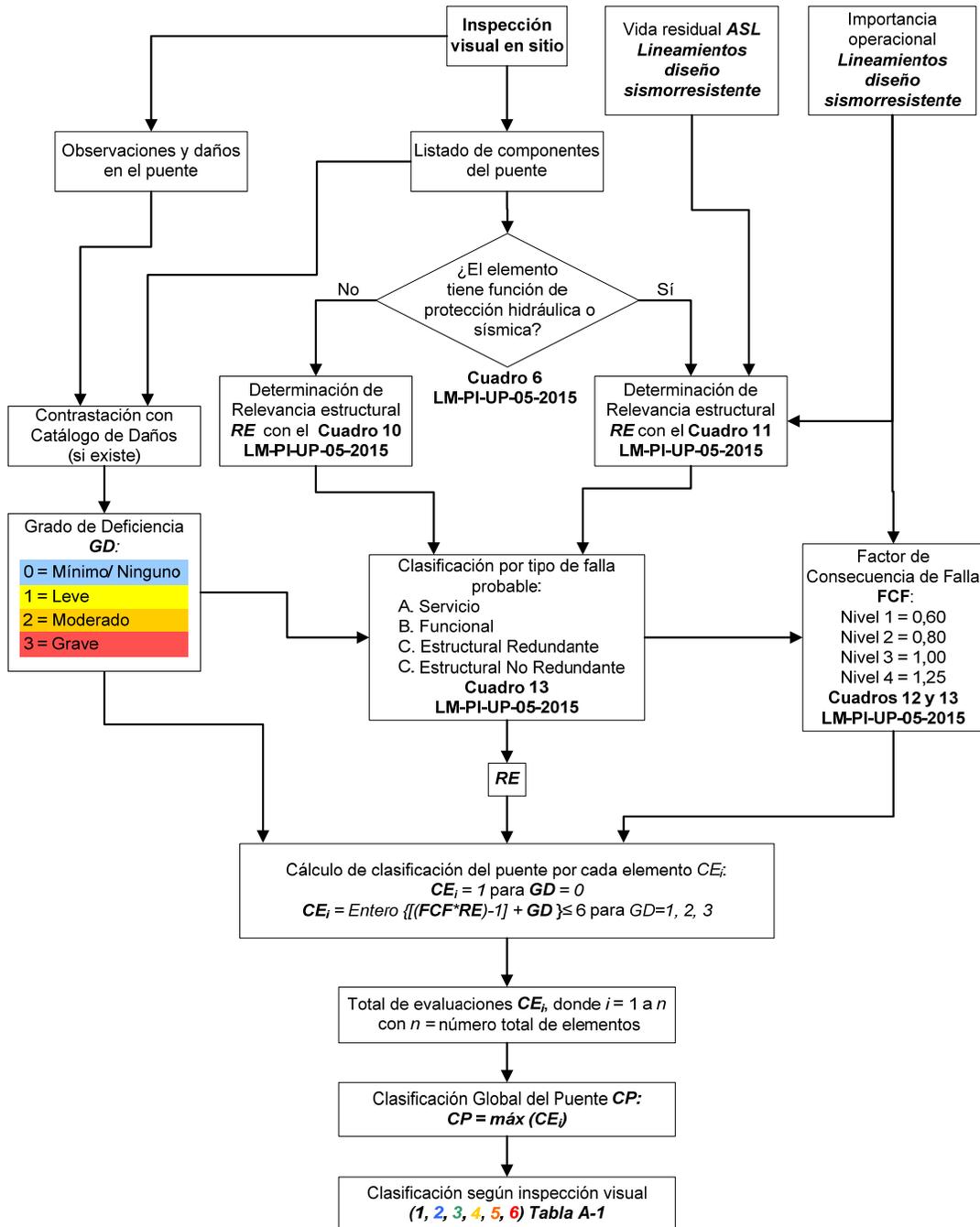
- Condición Evaluada (CE):** Esta variable representa la condición del elemento en evaluación. Se obtiene al combinar el GD, la RE y el FCF en la siguiente ecuación:

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

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 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**

 <b>LanammeUCR</b>	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR  <b>INFORME DE EVALUACIÓN</b>	Código:  RC-444
	<b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2017</b>	<b>Página 54/56</b>

**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

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444
	<b>INFORME DE EVALUACIÓN</b>	
	<b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2017</b>	<b>Página 55/56</b>
		<b>VERSIÓN 04</b>

### CALIFICACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PUENTE SEGÚN LA EVALUACIÓN VISUAL

<b>Nombre del puente</b>	Puente río Grande de Térraba (RN 02)	<b>Importancia Operacional (LDSP 2013)</b>	Crítico	<b>Código Importancia</b>	CR
<b>Fecha Evaluación</b>	31/08/2016	<b>TPD (veh/día)</b>	2121	<b>Edad (años)</b>	56
<b>Año de construcción o diseño</b>	1960	<b>Vida de diseño según código (años)</b>	50	<b>Vida de servicio remanente (LDSP 2013)</b>	0 ASL1

ELEMENTO	RE	GD	DESCRIPCIÓN DE DAÑOS	TIPO DE			
				FALLA	FCF	CE <sub>i</sub>	
SEGURIDAD VIAL	Barrera vehicular (puente)	2	1	Ver Tabla No. 2; Elemento 2.1	B	0,8	2
	Barrera vehicular (accesos)	1	3	Ver Tabla No. 2; Elemento 2.2	A	0,6	3
	Aceras	2	1	Ver Tabla No. 2; Elemento 2.3	B	0,8	2
	Señalización Vial	1	2	Ver Tabla No. 2; Elemento 2.5	A	0,6	2
	Rotulación Carga/Altura Máxima	1	0	Ver Tabla No. 2; Elemento 2.4	A	0,6	1
	Iluminación	1	0	Ver Tabla No. 2; Elemento 2.6	A	0,6	1
ACCESORIOS	Superficie de rodamiento (puente)	No Aplica		Ver Tabla No. 3; Elemento 3.1			
	Sistema de drenaje del puente	1	1	Ver Tabla No. 3; Elemento 3.2	A	0,6	1
	Juntas de expansión	1	2	Ver Tabla No. 3; Elemento 3.3	A	0,6	2
ACCESOS	Superficie de rodamiento (acceso)	1	2	Ver Tabla No. 3; Elemento 3.4	A	0,6	2
	Relleno de aproximación	2	0	Ver Tabla No. 3; Elemento 3.5	B	0,8	1
	Losa de aproximación	2	1	Ver Tabla No. 3; Elemento 3.6	B	0,8	2
	Muros de contención en accesos	No Aplica					
SUPERES-TRUCTURA TIPO VIGAS	Tablero	3	2	Ver Tabla No. 4; Elemento 4.1	C	1	4
	Vigas principales de acero	3	1	Ver Tabla No. 4; Elemento 4.2	C	1	3
	Vigas diafragma de acero	2	0	Ver Tabla No. 4; Elemento 4.3	B	0,8	1
SUPERES-TRUCTURA TIPO ARMADURA	Tablero	3	2	Ver Tabla No. 5; Elemento 5.1	C	1	4
	Armaduras de acero	4	2	Ver Tabla No. 5; Elemento 5.2	D	1	5
	Sistema de arriostamiento	2	2	Ver Tabla No. 5; Elemento 5.6	B	0,8	3
	Vigas transversales y largueros de piso	3	2	Ver Tabla No. 5; Elementos 5.3 y 5.4	B	1	4
SUBESTRUCTURA	Apoyos	3	1	Ver Tabla No. 5; Elemento 6.1	C	1	3
	Aletones	2	0	Ver Tabla No. 5; Elemento 6.3	B	0,8	1
	Bastiones: Viga cabezal	3	1	Ver Tabla No. 5; Elemento 6.2	C	1	3
	Bastiones: Cuerpo	No Insp.					
	Bastiones: Cimentación	No Insp.					
	Pilas: Viga cabezal	3	1	Ver Tabla No. 5; Elemento 6.4	C	1	3
	Pilas: Cuerpo tipo columna	4	0	Ver Tabla No.5; Elemento 6.4	D	1	1
	Pila: Cimentación	No Insp.					
ELEMENTOS DE PROTECCIÓN SÍSMICA	Longitud de asiento (pedestales)	2	3	Ver Tabla No. 6; Elemento 7.1	B	1	4
	Llaves de corte	2	1	Ver Tabla No. 6; Elemento 7.2	B	1	2
ELEMENTOS DE PROTECCIÓN	Cadenas/ anclajes/ postensión externa	No Aplica					
	Dispositivos especiales	No Aplica					
	Protección de taludes de rellenos	2	0	Ver Tabla No. 6; Elemento 7.3	B	1	1
	Escollera de protección	2	0	Ver Tabla No. 6; Elemento 7.4	B	1	1
	Protección de socavación en pilas	2	0	Ver Tabla No. 6; Elemento 7.5	B	1	1

<b>CP =</b>	<b>5</b>
	<b>Condición Alarmante</b>

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

 <b>LanammeUCR</b>	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR  <b>INFORME DE EVALUACIÓN</b>		Código:  RC-444
	<b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P01-2017</b>	<b>Página 56/56</b>	<b>VERSIÓN 04</b>

Página intencionalmente dejada en blanco