

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE INSPECCIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PI-UP-PN19-2016	Página 1/44	VERSIÓN 03

Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA)

Proyecto: LM-PI-UP-PN19-2016

EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PUENTE SOBRE EL RÍO SIQUIRRAS RUTA NACIONAL No. 32

Preparado por:
**Unidad de Puentes
 LanammeUCR**



San José, Costa Rica
 19 de agosto, 2016

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE INSPECCIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PI-UP-PN19-2016	Página 2/44	VERSIÓN 03

Página intencionalmente dejada en blanco

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE INSPECCIÓN	Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PI-UP-PN19-2016	Página 3/44

1. Informe: LM-PI-UP-PN19-2016		2. Copia No. 1	
3. Título y subtítulo: EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PUENTE SOBRE EL RÍO SIQUIRRES RUTA NACIONAL No.32		4. Fecha del Informe 19 de agosto, 2016	
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 Siquirres en la Ruta Nacional No. 32, es un producto de la Unidad de Puentes del PITRA - LanammeUCR para valorar 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.</i> <i>Según lo observado en el sitio la condición del puente se valoró como SERIA. Por lo tanto, con el propósito de contribuir a la atención de la estructura evaluada se realizan recomendaciones generales relacionadas con cada aspecto evaluado en este informe.</i>			
8. Palabras clave Puentes, Ruta Nacional No.32, Río Siquirres, Evaluación		9. Nivel de seguridad: Ninguno	10. Núm. de páginas 44
11. Inspección e informe por: Ing. Esteban Villalobos Vega Unidad de Puentes <hr/> Fecha: 19/08/2016			
13. Revisado por: Lic. Miguel Chacón Alvarado Asesor Legal LanammeUCR <hr/> Fecha: 19/08/2016		14. Revisado por: Ing. Roy Barrantes Jiménez Coordinador Unidad de Puentes <hr/> Fecha: 19/08/2016	
		15. Aprobado por: Ing. Luis Guillermo Loría Salazar, Ph.D. Coordinador General PITRA <hr/> Fecha: 19/08/2016	

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE INSPECCIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PI-UP-PN19-2016	Página 4/44	VERSIÓN 03

Página intencionalmente dejada en blanco

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE INSPECCIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PI-UP-PN19-2016		Página 5/44

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	7
2. OBJETIVOS.....	7
3. ALCANCE DEL INFORME.....	7
4. DESCRIPCIÓN	8
5. ESTADO DE CONSERVACION Y SEGURIDAD VIAL DEL PUENTE	13
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	32
7. REFERENCIAS.....	38
ANEXO A CRITERIOS PARA CLASIFICAR EL ESTADO DE CONSERVACIÓN DEL PUENTE.....	39

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE INSPECCIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PI-UP-PN19-2016	Página 6/44	VERSIÓN 03

Página intencionalmente dejada en blanco

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE INSPECCIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PI-UP-PN19-2016	Página 7/44	VERSIÓN 03

1. INTRODUCCIÓN

Este informe de evaluación visual de la condición del puente sobre el río Siquirres, en la Ruta Nacional No. 32, es un producto del programa de inspecciones de la Unidad de Puentes del PITRA - 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. La evaluación de la condición en sitio se realizó el día 02 de febrero de 2016.

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 evaluación visual de todos los componentes estructurales y no estructurales para valorar su estado de deterioro.
- c) Evaluar la seguridad vial 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 visual de sus componentes

3. ALCANCE DEL INFORME

Este informe de evaluación de la condición 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 sitio durante una evaluación visual. Se entiende por evaluación de la condición 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 estado de deterioro al día de la visita al sitio.

Informe LM-PI-UP-PN19-2016	Fecha de emisión: 19 de agosto de 2016	Página 7 de 44
----------------------------	--	----------------

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE INSPECCIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PI-UP-PN19-2016	Página 8/44	VERSIÓN 03

Como resultado de la evaluación se brinda una calificación al puente según su estado de deterioro, 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 que resume los criterios y la metodología utilizada y una tabla donde se explica el significado de cada condición.

Como complemento a la evaluación visual de los componentes estructurales del puente, es preferible disponer de los planos de diseño del puente con el fin de comprender el sistema estructural del mismo. Lo que se busca es recolectar información que permita completar los formularios de inventario, 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.

4. DESCRIPCIÓN

El puente evaluado se ubica en la Ruta Nacional No. 32, en la sección de control 70090 y cruza el río Siquirres. Desde el punto de vista administrativo, se ubica en el distrito de Siquirres, del cantón de Siquirres, en la provincia de Limón. Sus coordenadas, en el sistema geográfico de ubicación, corresponden con: 10°05'37,88"N de latitud y 83°30'31,88"O de longitud. La figura A muestra la ubicación geográfica del puente en la hoja cartográfica BONILLA 1:50 000.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE INSPECCIÓN	Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PI-UP-PN19-2016	Página 9/44



Figura A. Ubicación del puente en la hoja cartográfica BONILLA 1:50 000.

La ruta clasifica como primaria y tiene un tránsito promedio diario de 8135 vehículos por día en la sección de control donde se ubica el puente, según el Anuario de tránsito 2013, publicado por la Dirección de Planificación Sectorial del MOPT.

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.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE INSPECCIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PI-UP-PN19-2016	Página 10/44	VERSIÓN 03



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



Figura C. Vista lateral

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444
	INFORME DE INSPECCIÓN	
CONSECUTIVO: LM-PI-UP-PN19-2016	Página 11/44	VERSIÓN 03

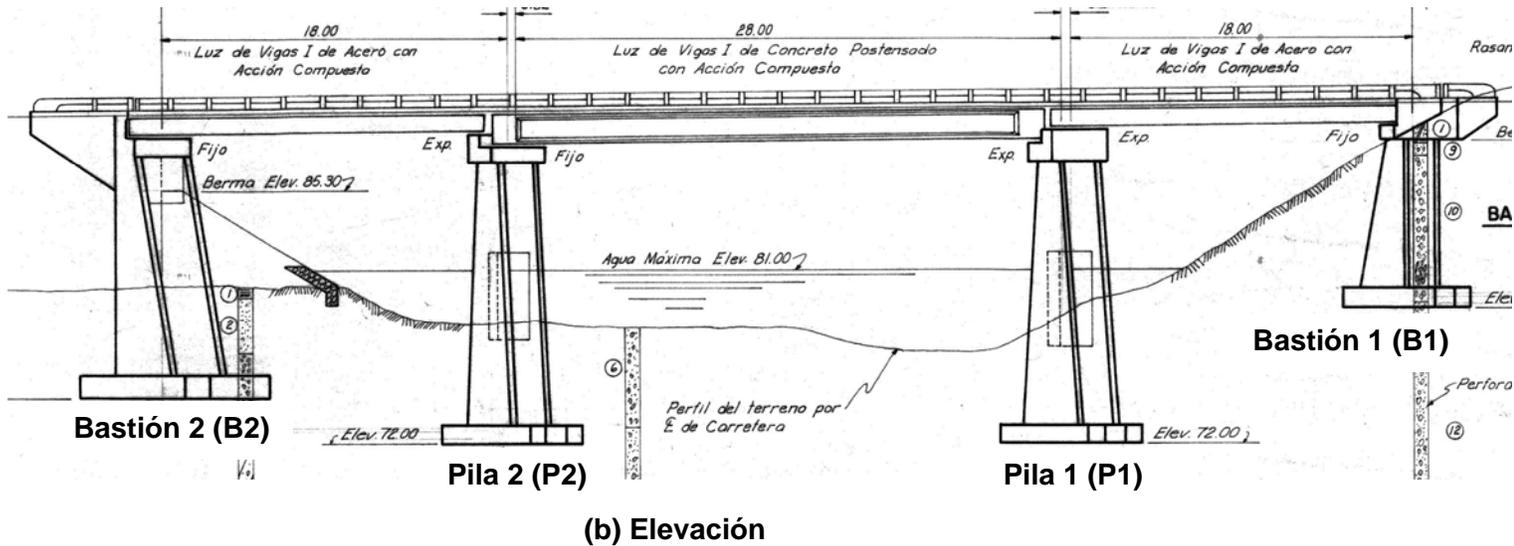
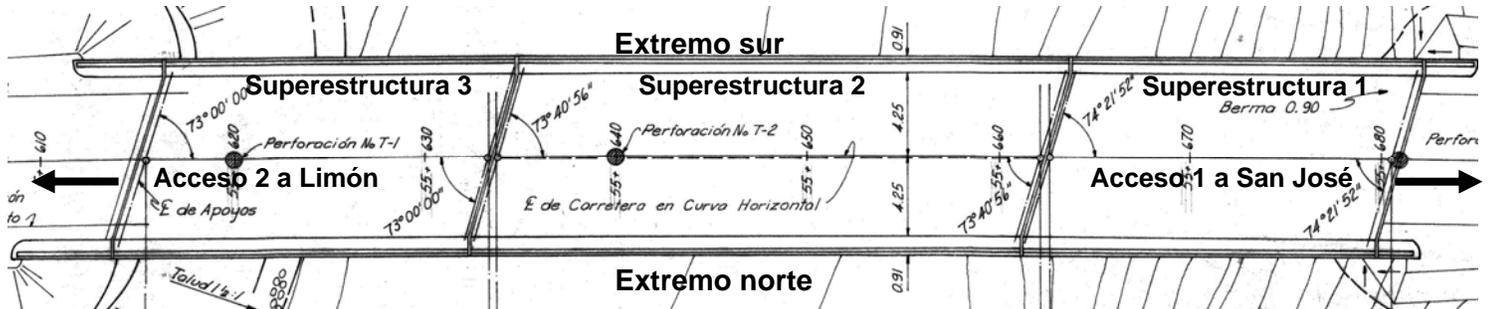


Figura D. Identificación utilizada para el puente sobre el Río Siquirres.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE INSPECCIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PI-UP-PN19-2016		Página 12/44

Tabla No. 1. Características básicas del puente.

Geometría	Tipo de estructura	Puente
	Longitud total (m)	64
	Ancho total (m)	10,26
	Ancho de calzada (m)	8,5
	Número de tramos	3
	Alineación del puente	Sesgado y curvo
	Número de carriles	2
Superestructura	Número de superestructuras	3
	Tipo de superestructura (elementos principales)	Superestructuras 1 y 3: Tipo viga simple con vigas principales tipo I de acero Superestructura 2: Tipo viga simple con vigas principales tipo I de concreto preesforzado
	Tipo de tablero	Losa de concreto reforzado
Apoyos	Tipo de apoyo en bastiones	Bastión 1: apoyo fijo Bastión 2: apoyo fijo
	Tipo de apoyo en pilas	Pila 1: Inicial y final apoyo expansivo Pila 2: Inicial apoyo fijo; final apoyo expansivo
Subestructura	Número de elementos	Bastiones: 2 Pilas: 2
	Tipo de bastiones	Bastiones 1 y 2: tipo marco de concreto reforzado
	Tipo de pilas	Pilas 1 y 2: tipo marco rígido de concreto reforzado
	Tipo de cimentación	Todas las cimentaciones: tipo placa aislada
Diseño y construcción	Año de diseño	1974
	Año de construcción	1974-1978
	Especificación de diseño original	AASHO 1969
	Carga viva de diseño original	HS20-44
	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		Código: RC-444
	INFORME DE INSPECCIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PI-UP-PN19-2016	Página 13/44	VERSIÓN 03

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.5 las cuales se presentan a continuación.

En dichas tablas se presentan los valores asignados de Grado de deficiencia (GD) y la Condición Evaluada (CE) resultante para cada elemento del puente, los cuales, se refieren al estado de deterioro observado el día de la evaluación. Estos valores se asignan de acuerdo con el elemento más dañado que se observa en cada ítem de evaluación, sin embargo, la atención de la estructura se debe realizar haciendo un análisis integral de todos los daños detallados en la evaluación que se presenta en este informe.

En el Anexo A se puede observar el procedimiento para determinar la calificación del puente. En las casillas correspondientes a GD y CE pueden aparecer valores numéricos o las siguientes expresiones: "NI" cuando el elemento no pudo ser inspeccionado por dificultades de acceso o "NA" cuando el elemento no es aplicable o no se encontraba en el tipo de puente evaluado.

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE INSPECCIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PI-UP-PN19-2016	Página 14/44	VERSIÓN 03

Tabla No. 2. Estado de la seguridad vial.

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
2.1. Sistema de contención vehicular del puente	La barrera vehicular fue diseñada en el año 1974 considerando condiciones de tránsito distintas a las que presenta la Ruta Nacional No. 32 actualmente. Por eso, hay evidencia de que la barrera observada el día de la evaluación no cumplía 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. 32 actualmente (Ver Figuras 1 y 2), y por lo tanto existe el riesgo de que ante el impacto de un vehículo la barrera vehicular no se desempeñe adecuadamente.	1	2	Si se decide rehabilitar o intervenir la losa del puente según lo indicado en 4.1 <i>Tablero</i> , 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 o rehabilitar a una barrera que cumpla con las especificaciones.
2.2. Sistema de contención vehicular de los accesos	No se observaron guardavías en ambos accesos al puente (Ver Figura 1). La ausencia de guardavías aumenta el riesgo de caída de vehículos al cauce.	3	3	Instalar guardavías en ambos accesos al puente de acuerdo con las especificaciones del fabricante y las especificaciones incluidas en el Manual SCV (Valverde, 2011).
2.3. Aceras y sus accesos	El puente no tenía aceras, sino un bordillo de seguridad con un ancho efectivo de 0,60 m el cual es menor al ancho de 1,20 m recomendado por la ley 7600 (Ver Figura 1). El día de la visita de evaluación no se evidenció tráfico peatonal de consideración, pero el puente se ubica en uno de los centros de población de importancia de la región atlántica por lo que hay probabilidades de que se presenten situaciones de tráfico peatonal mayores.	1	2	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 peatonal y vehicular del puente y acorde con su vida útil.
2.4. Identificación	Los rótulos de identificación de ambos accesos no tenían indicado el número de ruta.	0	1	Evaluar la necesidad de indicar el número de ruta en los rótulos de identificación.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444	
	INFORME DE INSPECCIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PI-UP-PN19-2016	Página 15/44	VERSIÓN 03

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

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
2.5. Señalización <ul style="list-style-type: none"> • Captaluces • Demarcación horizontal • Delineadores verticales • Marcadores de objeto 	<p>El día de la evaluación se evidenció que se habían perdido la mayoría de los captaluces a lo largo tanto de la línea de centro como en las líneas de borde del puente (Ver Figura 2).</p> <p>Se observó que tanto la línea centro como las líneas de borde se encontraban en mal estado (Zamora-Rojas, Jiménez-Romero, Acosta-Hernández, Castillo-Barahona, Rodríguez-Roblero, & Quirós-Serrano, 2012) y por lo tanto es de esperar que su nivel de retroreflexión sea bajo (Ver Figura 2).</p> <p>No se observaron marcadores de objeto en ninguno de los accesos (Ver Figura 1).</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 y de borde, 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 no tenía iluminación.	0	1	Se considera que no es evidente la necesidad de iluminación siempre y cuando se mejore la condición indicada en 2.5. <i>Señalización</i> .

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

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
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 Figura 8).</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>

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE INSPECCIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PI-UP-PN19-2016	Página 16/44	VERSIÓN 03

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

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
3.2. Bordillos y sistema de drenaje del puente	<p>Se observó acumulación de sedimentos en los bordillos del puente (Ver Figura 2), 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. (Ver Figura 3). La descarga directa de agua sobre elementos estructurales aumenta su vulnerabilidad al deterioro.</p>	1	1	<p>Limpiar los bordillos y ductos de drenaje del puente y establecer un programa de mantenimiento rutinario donde se incluya su limpieza periódica.</p> <p>Evaluar la necesidad de 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>
3.3. Juntas de expansión	<p>En las juntas de expansión de ambos accesos se evidenció deterioro o pérdida del relleno de la junta entre el bastión y la superestructura y entre el bastión y la losa de aproximación. Lo anterior provocaba además que el concreto tanto de la viga cabezal del bastión como de la superestructura evidenciara deterioro y la junta acumulación de sedimento (Ver Figura 4).</p> <p>En el caso de la junta de expansión sobre las pilas se evidenció deterioro o pérdida del relleno de la junta, provocando acumulación de sedimentos (Ver Figura 5).</p> <p>El mal estado o ausencia del material de relleno de las juntas de expansión así como la acumulación de sedimento aumentan 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>	2	2	<p>Limpiar las obstrucciones observadas en las juntas de expansión.</p> <p>Reparar el deterioro evidenciado por el concreto de los bordes de las juntas.</p> <p>Sustituir las juntas por otras de desempeño igual o superior acorde con los requerimientos de diseño y condiciones ambientales del puente.</p>

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE INSPECCIÓN	Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PI-UP-PN19-2016	Página 17/44

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	No se apreciaron problemas.	0	1	No hay recomendaciones.
3.5. Rellenos de aproximación y taludes de accesos	Ver las observaciones de 3.6. <i>Losa de aproximación</i> .	0	1	Ver recomendaciones de 3.6. <i>Losa de aproximación</i> .
3.6. Losa de aproximación	<p>Los elementos de acero de borde en los extremos de las losas de aproximación de ambos accesos presentaban deterioro y pérdida importante de sección (Ver Figura 6(a)). El estado de deterioro de los elementos de acero aumenta el impacto de los vehículos en la junta, lo cual aumenta el riesgo de daños en la losa de aproximación.</p> <p>En el caso del acceso 2 se observó una grieta longitudinal de un espesor mayor a 1mm y ubicada cerca de la línea centro de la vía (Ver Figura 6(b)). El agrietamiento observado podría ser evidencia de asentamientos o pérdida de material en el relleno de aproximación.</p> <p>El agrietamiento observado aumenta la vulnerabilidad al deterioro del acero de refuerzo, aumentando paulatinamente los costos de mantenimiento y reparación.</p>	1	2	<p>Sustituir los elementos de acero de borde en los extremos de las losas de aproximación de ambos accesos por una solución acorde con las condiciones actuales de la ruta.</p> <p>Previo a reparar la grieta observada en las losa de aproximación del acceso 2 se recomienda determinar si las causas del daño se deben a problemas en otros componentes del puente para así poder tomar las acciones del caso según corresponda.</p>
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.

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE INSPECCIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PI-UP-PN19-2016	Página 18/44	VERSIÓN 03

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

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
3.8. Sistema de drenaje de los accesos	<p>En el acceso 1 se observaron alcantarillas pluviales en ambos costados de la vía; sin embargo, el sistema descarga directamente sobre el talud al frente del bastión (Ver Figura 14). Ver las observaciones del punto 6.4. <i>Protección de taludes frente al bastión.</i></p> <p>En el acceso 2 el puente no contaba con un sistema de drenaje (Ver Figura 1). La ausencia de un sistema de drenaje en los accesos aumenta el riesgo de erosión de los taludes de los rellenos de aproximación.</p>	NA	NA	<p>Ver recomendaciones del punto 6.4. <i>Protección de taludes frente al bastión.</i></p> <p>Evaluar la necesidad de construir un sistema de drenaje en los accesos acorde con las condiciones de precipitación del lugar.</p>
3.9. Vibración	Se percibió vibración leve con el tránsito de vehículos pesados que se considera normal.	NA	NA	No hay recomendaciones.

Tabla No. 4. Estado de conservación de la superestructura de vigas de concreto: superestructura 2.

Elementos	Observaciones	GD	CE	Recomendaciones
4.1. Tablero (losa de concreto).	<p>La superficie superior de la losa presentaba en algunas zonas agrietamiento en dos direcciones con un ancho de grieta mayor a 0,2 mm y con intervalos mayores a 50 cm (Ver Figura 7). Se evidenció además una abertura superior de las juntas de construcción de más de 1,50mm en algunos casos (ver Figura 7). Además presentaba desgaste superficial con exposición del agregado grueso (Ver Figura 8).</p> <p>El agrietamiento observado y el deterioro superficial de las juntas de construcción aumenta la vulnerabilidad a que el daño progrese y aumenta el riesgo de deterioro del acero de refuerzo de la losa.</p>	1	3	<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.</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.</p>

Tabla No. 4. Estado de conservación de la superestructura de vigas de concreto: superestructura 2 (*continuación*).

Informe LM-PI-UP-PN19-2016	Fecha de emisión: 19 de agosto de 2016	Página 18 de 44
----------------------------	--	-----------------

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444	
	INFORME DE INSPECCIÓN	CONSECUTIVO: LM-PI-UP-PN19-2016	Página 19/44

Elementos	Observaciones	GD	CE	Recomendaciones
4.2. Vigas principales de concreto	La mínima distancia a la que se tuvo acceso a las vigas fue de aproximadamente 10m. A esta distancia no se observaron daños.	0	1	No hay recomendaciones.
4.3. Vigas Diafragma	No se observaron daños en las vigas diafragma tanto de los extremos como internas.	0	1	No hay recomendaciones.

Tabla No. 5. Estado de conservación de la superestructura de vigas de acero: superestructuras 1 y 3.

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 un ancho de grieta mayor a 0,2 mm y con intervalos menores a 50 cm principalmente en la superestructura 3 (Ver Figura 9(a)). Además presentaba desgaste superficial con exposición del agregado grueso (Ver Figura 8).</p> <p>La superficie inferior de la losa presentaba agrietamiento generalizado en dos direcciones con un ancho de grieta menor a 0,2 mm y con intervalos menores a 50 cm. Se observó evidencia de eflorescencia en varias de las juntas de construcción (Ver Figura 9(b)).</p> <p>En todos los casos, la superestructura 3 era la que presentaba el mayor grado de deterioro.</p> <p>El agrietamiento observado y la evidencia de eflorescencia en las juntas de construcción aumenta 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.</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.</p>

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE INSPECCIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PI-UP-PN19-2016	Página 20/44	VERSIÓN 03

Tabla No. 5. Estado de conservación de la superestructura de vigas de acero:
superestructuras 1 y 3 (*continuación*).

Elementos	Observaciones	GD	CE	Recomendaciones
5.2. Vigas principales de acero	<p>En el sector norte de la superestructura 1 se observó acumulación de suelo de forma tal que la distancia libre de las vigas principales es nula en algunos casos y en donde además se observó corrosión en las alas inferiores (Ver Figura 10(a)).</p> <p>En la zona de los bastiones se observó corrosión en los bordes del ala inferior de algunas de las vigas como resultado de la acumulación de agua en la zona de los apoyos (Ver Figura 10(b)).</p> <p>El contacto con la humedad y el nivel de deterioro observado aumenta la vulnerabilidad al deterioro de las vigas de acero, aumentando paulatinamente los costos de mantenimiento y reparación.</p>	1	3	<p>Aumentar la distancia libre de las vigas de la superestructura 1.</p> <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 3.3. <i>Juntas de expansión</i>.</p>
5.3. Vigas Diafragma de acero	Se observaron algunos puntos de oxidación en las almas y oxidación en algunos de los bordes de las alas.	0	1	Monitorear el avance del deterioro.
5.4. Sistema de arriostramiento	Se observaron algunos puntos de oxidación en las almas y oxidación en algunos de los bordes de las alas.	0	1	Monitorear el avance del deterioro.

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE INSPECCIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PI-UP-PN19-2016	Página 21/44	VERSIÓN 03

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

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
6.1. Apoyos en bastiones y pilas	<p>Apoyos en bastiones: La mayoría de los apoyos presentaban deterioro menor; sin embargo, en ambos bastiones se observaron algunos apoyos que evidenciaban deterioro de las almohadillas elastoméricas y corrosión severa tanto de las placas de asiento como de los pernos de fijación debido a la filtración de agua (Ver Figura 11). La humedad constante en la zona de apoyos acelera el proceso de corrosión del acero de los elementos metálicos de anclaje y el deterioro de las almohadillas elastoméricas. El deterioro del material elastomérico y el estado avanzado de corrosión de las placas y pernos podría producir un mal funcionamiento del apoyo y generar esfuerzos que podrían conllevar a daños en las superestructuras.</p> <p>Apoyos en pilas: No se tuvo acceso a los apoyos sobre las pilas.</p>	2	4	<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. Se recomienda limpiar los apoyos de la acumulación de sedimentos y de desechos sólidos a su alrededor. Ver la recomendación del punto 3.3 <i>Juntas de expansión</i>.</p>
6.2. Bastiones	En el bastión B1 se observó filtración de agua en más del 50% del área de la viga cabezal. En el caso del bastión B2 la filtración era menor al 50% del área (Ver Figura 12).	0	1	Ver la recomendación del punto 3.3 <i>Juntas de expansión</i> .
6.3. Aletones	No se apreciaron problemas.	0	1	No hay recomendaciones.
6.4. Pilas (viga cabezal, cuerpo)	En la pila P1 se observó filtración de agua en más del 50% del área de la viga cabezal. (Ver Figura 13). Adicionalmente se observó evidencia de que parte del talud frente al bastión B1 se desprendió y quedó como suelo de retención en la cara oeste del muro de relleno del marco de concreto reforzado (Ver Figura 13). Esta retención de suelo podría provocar fuerzas considerables no tomadas en cuenta en el diseño de la pila, lo cual aumenta el riesgo de daño bajo condiciones de carga no favorables.	1	4	<p>Evaluar la necesidad de eliminar la acumulación de suelo sobre la pila P1 y conformar el talud frente al bastión B1 de forma tal que sea seguro y esté protegido contra la socavación en caso de que se considere necesario. Realizar las mejoras indicadas en el punto 3.3. <i>Juntas de expansión</i>.</p>
6.5. Cimentaciones	No se tuvo acceso a las cimentaciones.	NI	NI	No hay recomendaciones.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE INSPECCIÓN	Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PI-UP-PN19-2016	Página 22/44

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 es en cada caso es la siguiente:</p> <p>Bastión 1 (B1): Requerido: 58 cm; Existente: 56 cm. Pila 1 (P1): Requerido: 62 cm; Existente: 50 cm. Pila 2 (P2): Requerido: 62 cm; Existente: 50 cm. Bastión 2 (B2): Requerido: 58 cm; Existente: 56 cm.</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>	1	2	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.
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 (Ver 5.1 <i>Apoyos en pilas y bastiones</i>).</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	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.
7.3. Protección de taludes de relleno	El puente no contaba con taludes en los rellenos de aproximación.	NA	NA	No hay recomendaciones.

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

Informe LM-PI-UP-PN19-2016	Fecha de emisión: 19 de agosto de 2016	Página 22 de 44
----------------------------	--	-----------------

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444
	INFORME DE INSPECCIÓN	
	CONSECUTIVO: LM-PI-UP-PN19-2016	Página 23/44
		VERSIÓN 03

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
7.4. Protección de taludes frente al bastión	<p>En el sector del bastión B1 se observaron alcantarillados pluviales en ambos costados de la ruta, los cuales descargaban de forma directa sobre el talud frente al bastión (Ver Fig. 14) y estaban generando la socavación del mismo.</p> <p>La socavación generada por la descarga directa del agua pluvial aumenta el riesgo de generar inestabilidad del talud frente al bastión y por lo tanto de exponer el cuerpo del bastión B1.</p> <p>Adicionalmente, también en el bastión B1 se observó que parte del talud se había desprendido y se había acumulado sobre el muro del relleno del marco del apila P1. Ver observaciones del punto 6.4 <i>Pilas</i>.</p>	1	2	<p>Controlar la descarga del alcantarillado pluvial de forma tal que no afecte el talud frente al bastión B1 del puente.</p> <p>Ver recomendaciones del punto 6.4 <i>Pilas</i>.</p>
7.5. Protección de socavación en pilas	<p>Se observó evidencia de socavación en la ubicación de la pila P2 debido a que el muro de relleno del marco de la pila estaba ya completamente expuesto, cuando en planos se indica un nivel de desplante mínimo (Ver Fig. 15).</p> <p>El progreso de la socavación aumenta el riesgo de que la misma llegue a las cimentaciones.</p>	2	3	<p>Realizar una evaluación hidrológica-hidráulica del puente para determinar la necesidad y el tipo de intervención necesaria para reparar el grado de socavación observado en las pilas, procurando no reconstruir la vulnerabilidad actual a la socavación.</p>
7.6. Cauce del río	No hay observaciones.	NA	NA	<p>Ver recomendaciones del punto 7.5. Protección de socavación en pilas.</p>

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444
	INFORME DE INSPECCIÓN CONSECUTIVO: LM-PI-UP-PN19-2016	Página 24/44



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

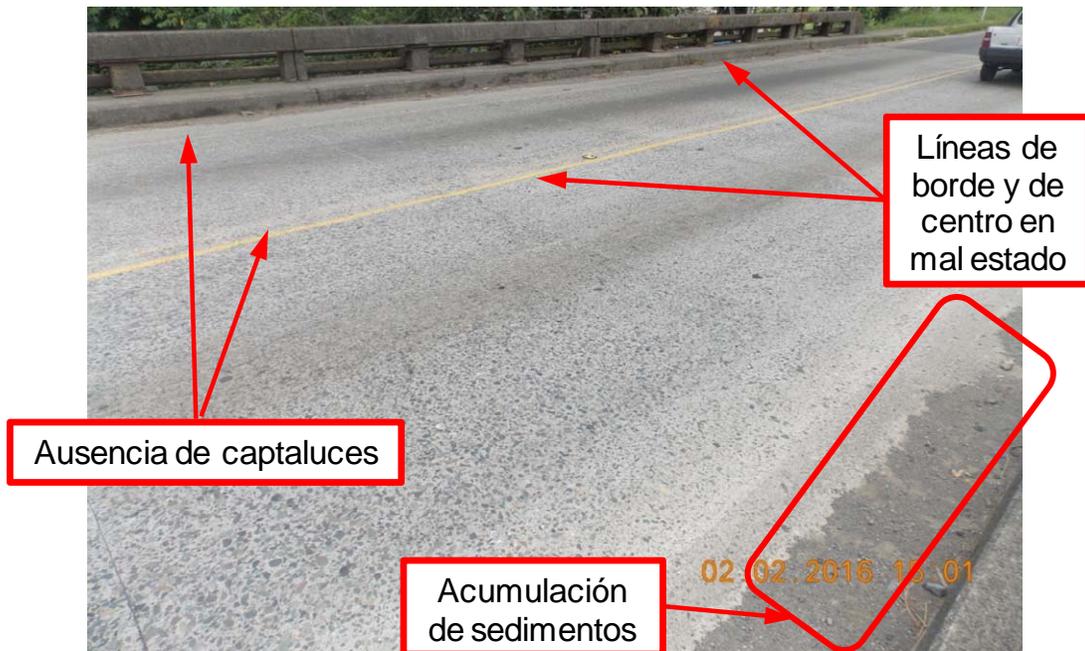


Figura 2. Estado de conservación deficiente de la señalización así como acumulación de sedimentos en los bordillos.

Informe LM-PI-UP-PN19-2016	Fecha de emisión: 19 de agosto de 2016	Página 24 de 44
----------------------------	--	-----------------

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE INSPECCIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PI-UP-PN19-2016	Página 25/44	VERSIÓN 03



Figura 3. Longitud insuficiente de los ductos de drenaje según los requerimientos de la sección 2.6.6.4 del AASHTO LRFD 2014.

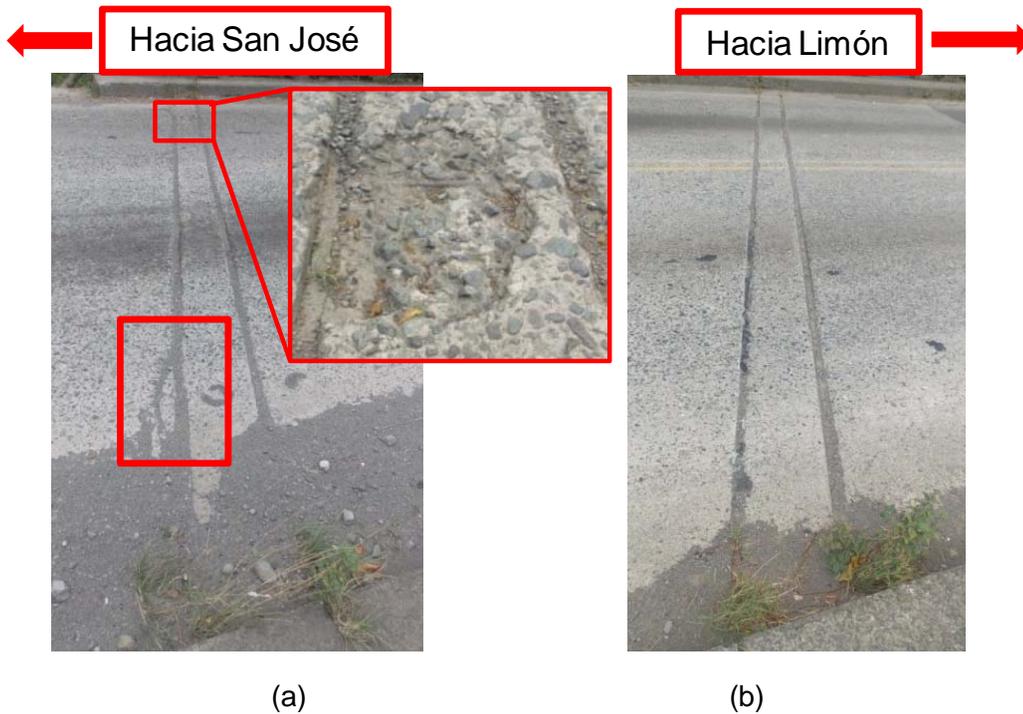


Figura 4. Estado de las juntas de expansión en los accesos con deterioro o pérdida total del material de relleno, acumulación de sedimentos y pérdida de sección de concreto: (a) Caso del acceso 1 (San José); (b) Caso del acceso 2 (Limón).

Informe LM-PI-UP-PN19-2016	Fecha de emisión: 19 de agosto de 2016	Página 25 de 44
----------------------------	--	-----------------

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE INSPECCIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PI-UP-PN19-2016	Página 26/44	VERSIÓN 03



(a)



(b)

Figura 5. Estado de las juntas de expansión en las pilas con deterioro o pérdida del relleno de la junta y acumulación de sedimentos: (a) Pila P1; (b) Pila P2.



(a)



(b)

Figura 6. Deterioro en ambas losas de aproximación: (a) Deterioro y pérdida de sección del elemento de acero de borde, caso del acceso 1; (b) Agrietamiento longitudinal en acceso 2.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE INSPECCIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PI-UP-PN19-2016	Página 27/44	VERSIÓN 03

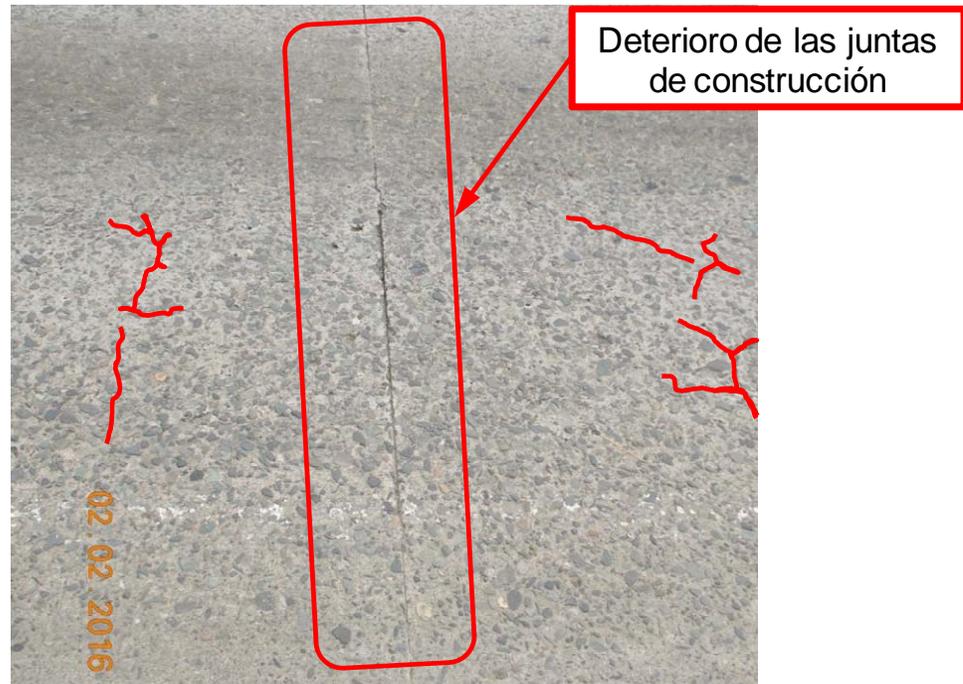


Figura 7. Agrietamiento en ambas direcciones con un ancho de grieta mayor a 0,2 mm y con intervalos mayores a 50 cm así como deterioro de las juntas de construcción observado en la superficie superior de la losa de concreto. Caso de la superestructura 2.



Figura 8. Desgaste superficial de losa de concreto.

Informe LM-PI-UP-PN19-2016	Fecha de emisión: 19 de agosto de 2016	Página 27 de 44
----------------------------	--	-----------------

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE INSPECCIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PI-UP-PN19-2016	Página 28/44	VERSIÓN 03

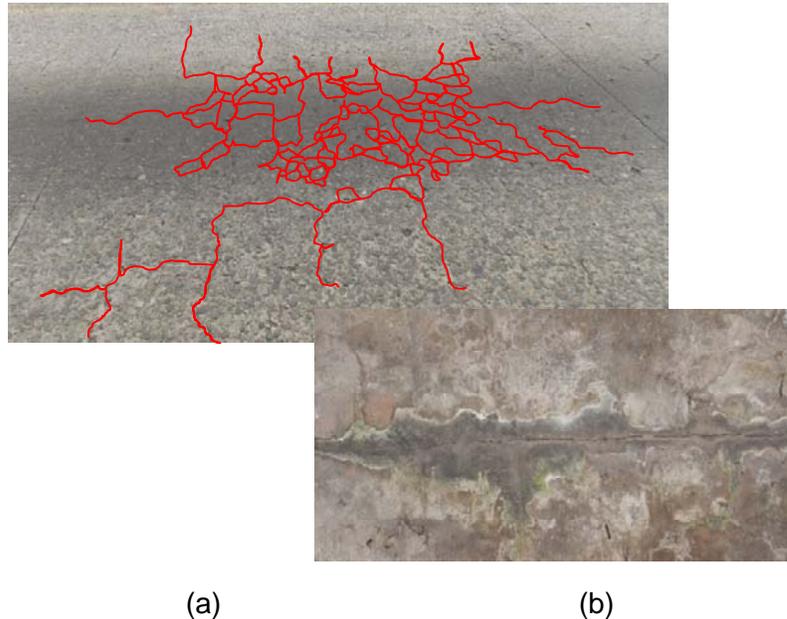


Figura 9. Losa de superestructuras 1 y 3: (a) Agrietamiento en ambas direcciones con un ancho de grieta mayor a 0,2mm y con intervalos menores a 50cm. Caso de la superestructura 3.; (b) Evidencia de eflorescencia en algunas de las juntas de construcción . Caso de la superestructura 3.

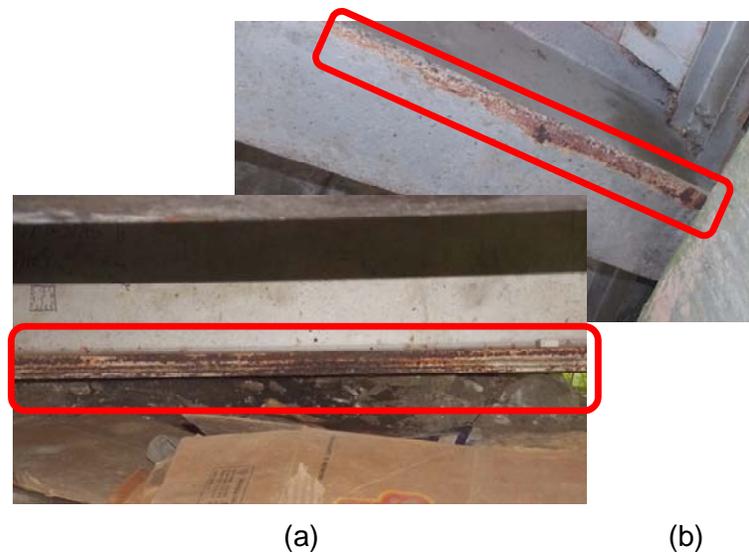


Figura 10. Vigas principales de acero: (a) Corrosión en ala inferior, superestructura 1; (b) Corrosión en borde de ala inferior, superestructura 3.

Informe LM-PI-UP-PN19-2016	Fecha de emisión: 19 de agosto de 2016	Página 28 de 44
----------------------------	--	-----------------

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE INSPECCIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PI-UP-PN19-2016	Página 29/44	VERSIÓN 03

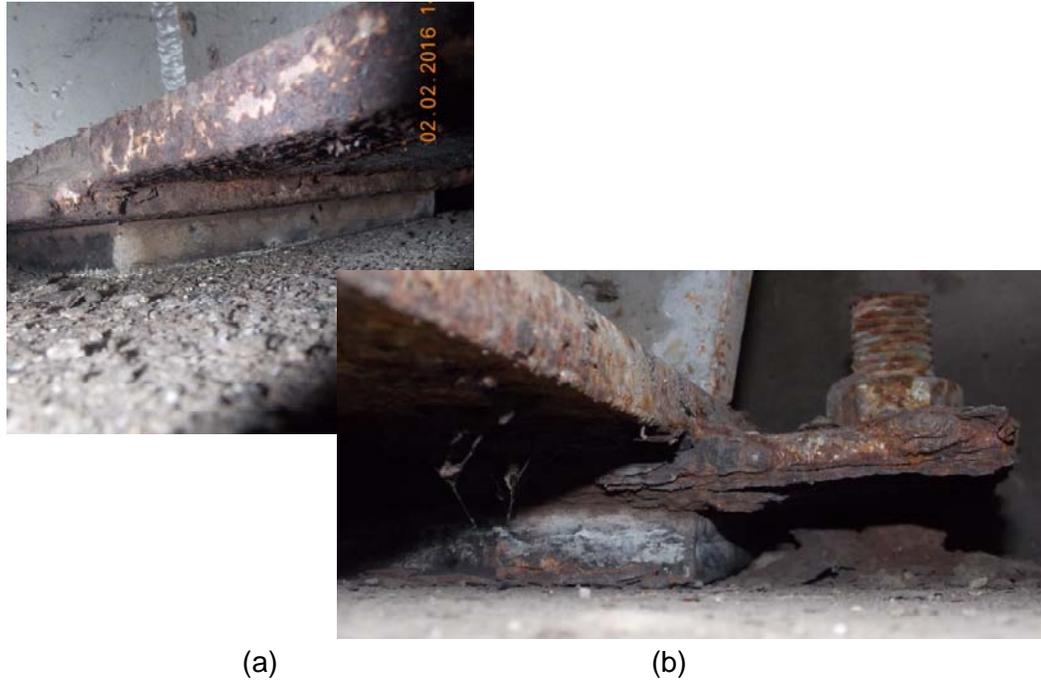


Figura 11. Deterioro de los apoyos elastoméricos y corrosión severa del acero: (a) Caso del bastión B1; (b) Caso del bastión B2.



Figura 12. Filtración de agua en más del 50% del área de la viga cabezal del bastión B1.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE INSPECCIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PI-UP-PN19-2016	Página 30/44	VERSIÓN 03



Figura 13. Filtración de agua en pila P1 así como acumulación de suelo en la cara oeste del muro de relleno del marco.



Figura 14. Descarga directa de alcantarillado pluvial en el talud frente al bastión B1: (a) Costado sur; (b) Costado norte.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE INSPECCIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PI-UP-PN19-2016	Página 31/44	VERSIÓN 03



Figura 15. Socavación en ubicación de la pila P2. A nivel del agua lo que se observa es una losa de concreto en la terminación del muro de relleno del marco.

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE INSPECCIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PI-UP-PN19-2016	Página 32/44	VERSIÓN 03

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este informe se presentan las observaciones realizadas durante la evaluación visual de la condición del puente sobre el río Siquirres ubicado en la Ruta Nacional No. 32. Las Tablas No. 2 a No. 5 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 SERIA:

CATEGORÍA	CONDICIÓN	DESCRIPCIÓN	
		Integridad Estructural y Seguridad Vial	Necesidad de Atención
4	SERIA	Puente estable pero con deterioro significativo en uno o varios elementos estructurales primarios, o falla en secundarios. Si no se trata la proliferación del deterioro, este podría conducir a una situación inestable a futuro. Deficiencia en seguridad vial muy riesgosa para los usuarios	<u>Atención pronta.</u> Se debe atender pronto el puente para detener la progresión del daño. Se debe atender una situación peligrosa en la seguridad vial de forma prioritaria incluyendo el señalamiento de la situación vial riesgosa

La calificación anterior se brindó por lo siguiente:

- a. La superficie superior de la losa presentaba agrietamiento generalizado en dos direcciones con un ancho de grieta mayor a 0,2 mm y con intervalos menores a 50 cm principalmente en la superestructura 3. Además presentaba desgaste superficial con exposición del agregado grueso. La superficie inferior de la losa presentaba agrietamiento generalizado en dos direcciones con un ancho de grieta menor a 0,2 mm y con intervalos menores a 50 cm. Se observó evidencia de eflorescencia en varias de las juntas de construcción. En todos los casos, la superestructura 3 era la que presentaba el mayor grado de deterioro.

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE INSPECCIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PI-UP-PN19-2016	Página 33/44	VERSIÓN 03

- b. En ambos bastiones se observaron algunos apoyos que evidenciaban deterioro de las almohadillas elastoméricas y corrosión severa tanto de las placas de asiento como de los pernos de fijación debido a la filtración de agua
- c. En el sector norte de la superestructura 1 se observó acumulación de suelo de forma tal que la distancia libre de las vigas principales es nula en algunos casos y en donde además se observó corrosión en las alas inferiores. En la zona de los bastiones se observó corrosión en los bordes del ala inferior de algunas de las vigas como resultado de la acumulación de agua en la zona de los apoyos.
- d. Se observó evidencia de que parte del talud frente al bastión B1 se desprendió y quedó como suelo de retención en la cara oeste del muro de relleno del marco de concreto reforzado.
- e. No se observaron guardavías en ambos accesos al puente.
- f. Se observó evidencia de socavación en la ubicación de la pila P2 debido a que el muro de relleno del marco de la pila estaba ya completamente expuesto, cuando en planos se indica un nivel de desplante mínimo.

Además, se observó lo siguiente:

- g. Hay evidencia de que la barrera no cumplía con las especificaciones para barreras vehiculares de AASHTO LRFD 2014.
- h. Ausencia de aceras.
- i. El día de la evaluación se evidenció que se habían perdido la mayoría de los captaluces a lo largo tanto de la línea de centro como en las línea de borde del puente. Se observó que tanto la línea centro como las líneas de borde se encontraban en mal estado y por lo

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE INSPECCIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PI-UP-PN19-2016	Página 34/44	VERSIÓN 03

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 .
- k. Acumulación de sedimentos en los bordillos.
- l. En el acceso 1 se observaron alcantarillados pluviales en ambos costados de la ruta, los cuales descargaban de forma directa sobre el talud frente al bastión B1 y estaban generando la socavación del mismo. En el acceso 2 el puente no contaba con un sistema de drenaje.
- m. En las juntas de expansión de ambos accesos se evidenció deterioro o pérdida del relleno de la junta entre el bastión y la superestructura y entre el bastión y la losa de aproximación. Lo anterior provocaba además que el concreto tanto de la viga cabezal del bastión como de la superestructura evidenciara deterioro y la junta acumulación de sedimento. En el caso de las junta de expansión sobre las pilas se evidenció deterioro o pérdida del relleno de la junta, provocando acumulación de sedimentos.
- n. Los elementos de acero de borde en los extremos de las losas de aproximación de ambos accesos presentaban deterioro y pérdida importante de sección. En el caso del acceso 2 se observó una grieta longitudinal de un espesor mayor a 1mm y ubicada cerca de la línea centro de la vía.
- o. Se observaron algunos puntos de oxidación en las almas y oxidación en algunos de los bordes de las alas de los diafragmas de acero y del sistema de arriostamiento.
- p. En el bastión B1 se observó filtración de agua en más del 50% del área de la viga cabezal. En el caso del bastión B2 la filtración era menor al 50% del área. En la pila P1 se observó filtración de agua en más del 50% del área de la viga cabezal.

Informe LM-PI-UP-PN19-2016	Fecha de emisión: 19 de agosto de 2016	Página 34 de 44
----------------------------	--	-----------------

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE INSPECCIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PI-UP-PN19-2016	Página 35/44	VERSIÓN 03

- q. Los rótulos de identificación de ambos accesos no tenían indicado el número de ruta.
- r. 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 los casos más críticos las pilas (62 cm requeridos contra 50 cm existentes).
- s. El puente no contaba con dispositivos para prevención de colapso o llaves de cortante, sólo con pernos de anclaje en los apoyos

Por lo tanto, con el propósito de resolver los problemas observados se recomienda realizar las siguientes acciones:

1. 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, así como la evaluación de la necesidad de colocar dispositivos para prevención de colapso y la definición de las acciones a seguir en los casos en los que la longitud de asiento mínima requerida es menor a la existente.
2. 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.
3. 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 o rehabilitar a una barrera que cumpla con las especificaciones.

Informe LM-PI-UP-PN19-2016	Fecha de emisión: 19 de agosto de 2016	Página 35 de 44
----------------------------	--	-----------------

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE INSPECCIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PI-UP-PN19-2016	Página 36/44	VERSIÓN 03

4. Realizar una evaluación hidrológica- hidráulica del puente para determinar la necesidad y el tipo de intervención necesaria para reparar el grado socavación observado en las pilas, procurando no reconstruir la vulnerabilidad actual a la socavación.
5. Evaluar la necesidad de eliminar la acumulación de suelo sobre la pila P1 y conformar el talud frente al bastión B1 de forma tal que sea seguro y esté protegido contra la socavación en caso de que se considere necesario.
6. Aumentar la distancia libre de las vigas de la superestructura 1. 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.
7. Controlar la descarga del alcantarillado pluvial de forma tal que no afecte el talud frente al bastión B1 del puente.
8. Instalar guardavías en ambos accesos al puente de acuerdo con las especificaciones del fabricante y las especificaciones incluidas en el Manual SCV (Valverde, 2011).
9. 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, 2014), según las condiciones de tráfico peatonal y vehicular del puente acorde con su vida útil.
10. Sustituir los elementos de acero de borde en los extremos de las losas de aproximación de ambos accesos por una solución acorde con las condiciones actuales de la ruta. Previo a reparar la grieta observada en las losa de aproximación del acceso 2 se recomienda determinar si las causas del daño se deben a problemas en otros componentes del puente para así poder tomar las acciones del caso según corresponda.
11. 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. Se recomienda limpiar los apoyos de la acumulación de sedimentos y de desechos sólidos a su alrededor.

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE INSPECCIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PI-UP-PN19-2016	Página 37/44	VERSIÓN 03

12. Limpiar las obstrucciones observadas en las juntas de expansión. Reparar el deterioro evidenciado por el concreto de los bordes de las juntas. Sustituir las juntas por otras de desempeño igual o superior acorde con los requerimientos de diseño y condiciones ambientales del puente.
13. Evaluar la necesidad de indicar el número de ruta en los rótulos de identificación.
14. 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.
15. Monitorear el avance del desgaste superficial observado en la superficie de rodamiento.
16. Limpiar los bordillos y ductos de drenaje del puente y establecer un programa de mantenimiento rutinario donde se incluya su limpieza periódica. Evaluar la necesidad de 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 (AASHTO, 2014).
17. Evaluar la necesidad de construir un sistema de drenaje en los accesos acorde con las condiciones de precipitación del lugar.
18. En el caso de las vigas diafragma de acero y del sistema de arriostramiento se recomienda monitorear el avance del deterioro observado.

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 INSPECCIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PI-UP-PN19-2016	Página 38/44	VERSIÓN 03

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 (2013). *Anuario de Información de Transito 2013*. Dirección de Planificación Sectorial. Unidad de Estudios de Tráfico e Investigación. 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-PI-UP-PN19-2016	Fecha de emisión: 19 de agosto de 2016	Página 38 de 44
----------------------------	--	-----------------

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE INSPECCIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PI-UP-PN19-2016	Página 39/44	VERSIÓN 03

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 INSPECCIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PI-UP-PN19-2016	Página 40/44	VERSIÓN 03

Página intencionalmente dejada en blanco

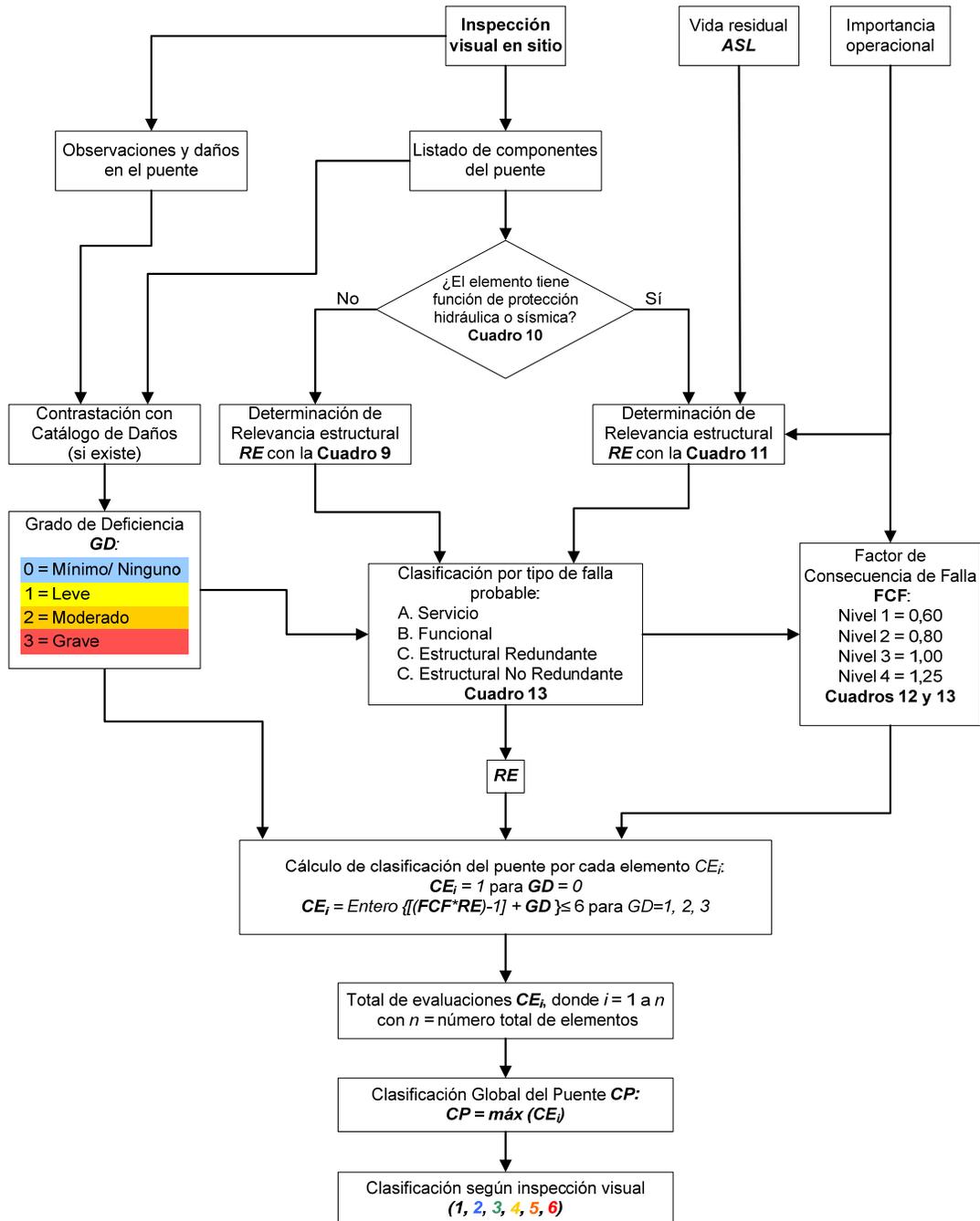


Figura A-1. Diagrama de flujo con metodología para calificar cualitativamente la condición del puente de acuerdo con informe LM-PI-UP-05-2015

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE INSPECCIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PI-UP-PN19-2016	Página 42/44	VERSIÓN 03

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	
	INFORME DE INSPECCIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PI-UP-PN19-2016	Página 43/44	VERSIÓN 03

CALIFICACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PUENTE SEGÚN LA EVALUACIÓN VISUAL

Nombre del puente	Puente río Siquirres (RN 32)	Importancia Operacional (LDSP 2013)	Crítico	Código Importancia	CR
Fecha Evaluación	02/02/2016	TPD (veh/día)	8135	Edad (años)	42
Año de construcción o diseño	1974	Vida de diseño según código (años)	50	Vida de servicio remanente (LDSP 2013)	8 ASL1

ELEMENTO	RE	GD	DESCRIPCIÓN DE DAÑOS	TIPO DE FALLA	FCF	CE _i
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	0	Ver Tabla No. 3; Elemento 3.4	A	0,6	1
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		Ver Tabla No. 3; Elemento 3.7			
SUPERES-TRUCTURA TIPO VIGAS						
Tablero	3	2	Ver Tabla No. 4; Elemento 4.1	C	1	4
Vigas principales de concreto	3	0	Ver Tabla No. 4; Elemento 4.2	C	1	1
Vigas diafragma de concreto	2	0	Ver Tabla No. 4; Elemento 4.3	B	0,8	1
Vigas principales de acero	3	1	Ver Tabla No. 4; Elemento 5.1	C	1	3
Vigas diafragma de acero	2	0	Ver Tabla No. 4; Elemento 5.2	B	0,8	1
Sistema de arriostramiento	2	0	Ver Tabla No. 4; Elemento 5.3	B	0,8	1
SUBESTRUCTURA						
Apoyos	3	2	Ver Tabla No. 5; Elemento 6.1	C	1	4
Aletones	2	0	Ver Tabla No. 5; Elemento 6.3	B	0,8	1
Bastiones: Viga cabezal	3	0	Ver Tabla No. 5; Elemento 6.2	C	1	1
Bastiones: Cuerpo	No Insp.					
Bastiones: Cimentación	No Insp.		Ver Tabla No. 5; Elemento 6.5			
Pilas: Viga cabezal	3	0	Ver Tabla No. 5; Elemento 6.4	C	1	1
Pilas: Cuerpo tipo marco con pantalla	3	1	Ver Tabla No. 5; Elemento 6.4	D	1	3
Pila: Cimentación	No Insp.		Ver Tabla No. 5; Elemento 6.5			
ELEMENTOS DE PROTECCIÓN SÍSMICA						
Longitud de asiento (pedestales)	2	1	Ver Tabla No. 6; Elemento 7.1	B	1	2
Llaves de corte	2	1	Ver Tabla No. 6; Elemento 7.2	B	1	2
Cadenas/ anclajes/ postensión externa	No Aplica					
Dispositivos especiales	No Aplica					
ELEMENTOS DE PROTECCIÓN						
Protección de taludes de rellenos	No Aplica		Ver Tabla No. 6; Elemento 7.3	B		
Escollera de protección	2	1	Ver Tabla No. 6; Elemento 7.4	B	1	2
Protección de socavación en pilas	2	2	Ver Tabla No. 6; Elemento 7.5	B	1	3

CP =	4
	Condición Seria

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

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE INSPECCIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PI-UP-PN19-2016	Página 44/44	VERSIÓN 03

Página intencionalmente dejada en blanco