

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P08-2017	Página 1/49	VERSIÓN 04

Programa de Ingeniería Estructural

Proyecto: LM-PIE-UP-P08-2017

EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PUENTE SOBRE EL RÍO GENERAL (SUPERIOR) RUTA NACIONAL No. 2

Preparado por:
Unidad de Puentes
LanammeUCR



San José, Costa Rica
Junio, 2017

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P08-2017	Página 2/49	VERSIÓN 04

Página intencionalmente dejada en blanco

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN	Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P08-2017	Página 3/49

Información técnica del documento

1. Informe: LM-PIE-UP-P08-2017		2. Copia No. 1	
3. Título y subtítulo: EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PUENTE SOBRE EL RÍO GENERAL (SUPERIOR) RUTA NACIONAL No.2		4. Fecha del Informe Junio, 2017	
5. Organización y dirección Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica Tel: (506) 2511-2500 / Fax: (506) 2511-4440			
6. Notas complementarias Ninguna			
7. Resumen <i>Este informe de evaluación de la condición del puente sobre el río General (Superior), en la Ruta Nacional No.2, es un producto del programa de inspecciones de la Unidad de Puentes del Programa de Ingeniería Estructural - LanammeUCR, para evaluar la condición estructural y funcional de puentes ubicados a lo largo de la Red Vial Nacional, en el marco de las competencias asignadas mediante el artículo 6 de la ley 8114. Según lo observado en el sitio la condición del puente se valoró como SERIA. Por lo tanto, con el propósito de contribuir a la atención de la estructura evaluada se realizan recomendaciones generales relacionadas con cada aspecto evaluado en este informe.</i>			
8. Palabras clave Puentes, Ruta Nacional No. 2, río General, Evaluación de condición.		9. Nivel de seguridad: Ninguno	10. Núm. de páginas 49
11. Inspección e informe por: Ing. Pablo Agüero Barrantes Unidad de Puentes <hr/> Fecha: 26/06/2017	12. Inspección y revisión por: Ing. Luis Guillermo Vargas Alas Unidad de Puentes <hr/> Fecha: 26/06/2017		
13. Revisado y aprobado por: Ing. Esteban Villalobos Vega Coordinador a.i. Unidad de Puentes <hr/> Fecha: 26/06/2017	14. Revisado y aprobado por: Lic. Miguel Chacón Alvarado Asesor Legal LanammeUCR <hr/> Fecha: 26/06/2017	15. Revisado y aprobado por: Ing. Rolando Castillo Barahona Coordinador Programa de Ingeniería Estructural <hr/> Fecha: 26/06/2017	

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P08-2017	Página 4/49	VERSIÓN 04

Página intencionalmente dejada en blanco

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P08-2017	Página 5/49	VERSIÓN 04

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	7
2. OBJETIVOS	7
3. ALCANCE DEL INFORME	8
4. DESCRIPCIÓN.....	9
5. ESTADO DE CONSERVACION Y SEGURIDAD VIAL DEL PUENTE	14
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	37
7. REFERENCIAS.....	40
ANEXO A CRITERIOS PARA CLASIFICAR EL ESTADO DE CONSERVACIÓN DEL PUENTE.....	43

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P08-2017	Página 6/49	VERSIÓN 04

Página intencionalmente dejada en blanco

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P08-2017		Página 7/49

1. INTRODUCCIÓN

Este informe de evaluación del puente sobre el río General, en la Ruta Nacional No.2, es un producto del programa de inspecciones de la Unidad de Puentes del Programa de Ingeniería Estructural - LanammeUCR, que tiene como objetivo evaluar la condición estructural y funcional de puentes ubicados a lo largo de la Red Vial Nacional a partir de su inspección, en el marco de las competencias asignadas mediante el artículo 6 de la ley 8114. La inspección del puente se realizó el día primero de setiembre del 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 2 de febrero del 2017 para evaluar la interacción del cauce del río con las pilas y de ambas 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 visual realizada en sitio.
- b) Efectuar una inspección visual de todos los componentes estructurales y no estructurales para evaluar su condición estructural.
- c) Inspeccionar y evaluar la seguridad vial del puente para reducir el riesgo de accidentes de tránsito y disminuir su severidad.
- d) Proporcionar recomendaciones generales para mantenimiento y/o reparación.
- e) Brindar una calificación de la condición del puente basado en la evaluación de la condición de sus componentes

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P08-2017	Página 8/49	VERSIÓN 04

3. ALCANCE DEL INFORME

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

Se entiende por inspección el reconocimiento visual de todos los elementos estructurales y no estructurales del puente a los cuales se tiene acceso por parte de un ingeniero calificado con el fin de evaluar su condición el día de la visita al sitio.

Se entiende por evaluación la valoración 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, la cual se describe en el informe LM-PI-UP-05-2015 (Muñoz-Barrantes, et. al, 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 INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P08-2017	Página 9/49	VERSIÓN 04

4. DESCRIPCIÓN

El puente evaluado se ubica en la Ruta Nacional No.2, en la sección de control 60052 y cruza el río General. El puente está identificado con un rótulo que indica “río General Superior”, sin embargo el río que cruza es el río General. Los planos de diseño del puente indican que se llama “upper Terraba river bridge”. Desde el punto de vista administrativo, se ubica en el distrito Potrero Grande, del cantón Buenos Aires, en la provincia de Puntarenas. Sus coordenadas, en el sistema geográfico de ubicación, corresponden con: 9°05'33,30"N de latitud y 83°16'16,41"O de longitud. La figura A muestra la ubicación geográfica del puente.

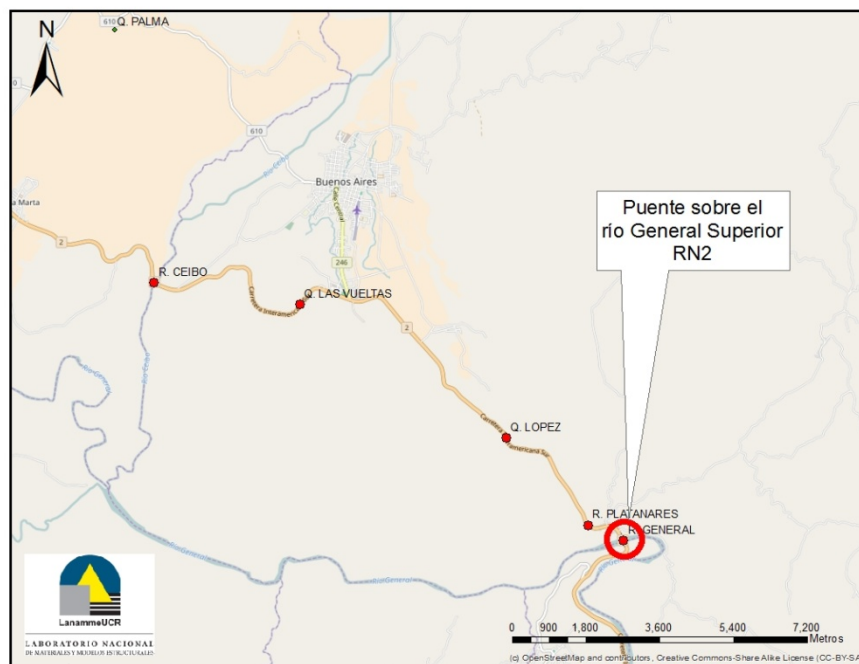


Figura A. Ubicación geográfica del puente.

La ruta clasifica como primaria y tiene un tránsito promedio diario de 1770 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 21,96% (257 vehículos), de los cuales el 4,3% (50 vehículos) corresponde a camiones de 5 ejes.

Informe LM-PIE-UP-P08-2017	Junio, 2017	Página 9 de 49
----------------------------	-------------	----------------

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P08-2017	Página 10/49	VERSIÓN 04

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, se tuvo acceso a cuatro láminas de 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 EVALUACIÓN	Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P08-2017	Página 11/49

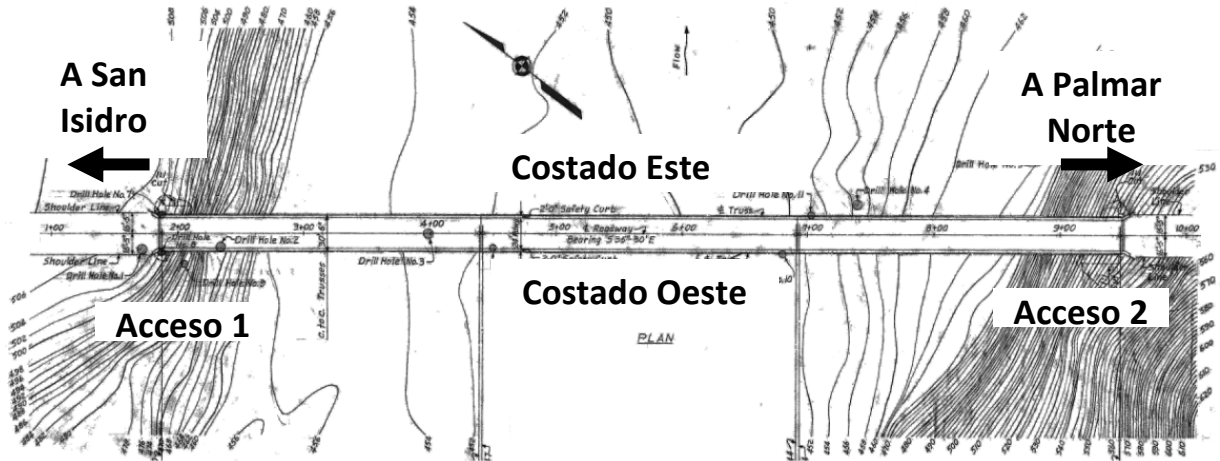


Figura B. Vista a lo largo de la línea de centro

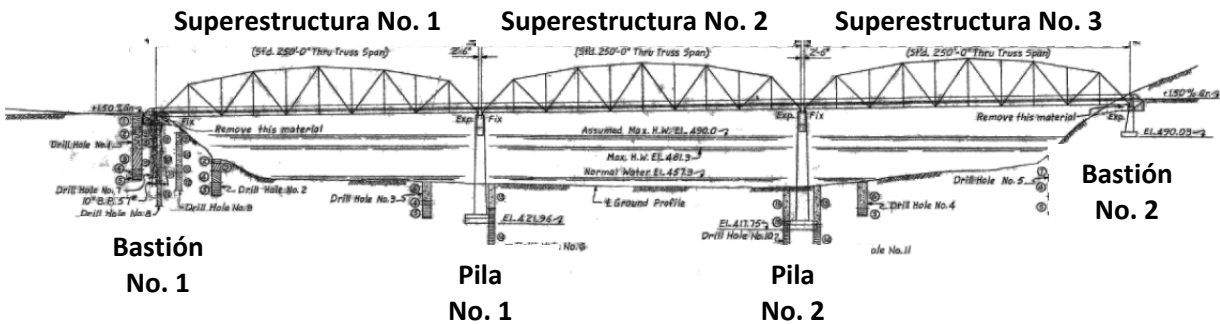


Figura C. Vista lateral

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444	
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P08-2017	Página 12/49	VERSIÓN 04



(a) Vista en planta



(b) Elevación

Figura D. Identificación utilizada para el puente sobre el río General (Superior).

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P08-2017	Página 13/49	VERSIÓN 04

Tabla No. 1. Características básicas del puente.

Geometría	Tipo de estructura	Puente
	Longitud total (m)	231,9
	Ancho total (m)	10,05 (según planos)
	Ancho de calzada (m)	7,3
	Número de tramos	3
	Alineación del puente	Recto
	Número de carriles	2
Superestructura	Número de superestructuras	3
	Tipo de superestructura (elementos principales)	Superestructuras 1, 2 y 3, tipo armadura de acero
	Tipo de tablero	Losa de concreto reforzado
Apoyos	Tipo de apoyo en bastiones	Bastión 1: apoyo fijo Bastión 2: apoyo móvil
	Tipo de apoyo en pilas	Pila 1: apoyo inicial móvil, apoyo final fijo Pila 2: apoyo inicial móvil, apoyo final fijo
Subestructura	Número de elementos	Bastiones: 2 Pilas: 2
	Tipo de bastiones	Bastión 1: tipo cabezal sobre pilotes de concreto reforzado (según planos) Bastión 2: marco de concreto reforzado (según planos)
	Tipo de pilas	Pilas 1 y 2: tipo columna de concreto reforzado
	Tipo de cimentación	Bastión 1: Pilotes metálicos de sección I (según planos) Pilas 1 y 2 y bastión 2: tipo placa de concreto reforzado
Diseño y construcción	Año de diseño	1957
	Año de construcción	1961 (según placa adosada al puente)
	Especificación de diseño original	A.A.S.H.O. 1953 (según planos)
	Carga viva de diseño original	H15-S12-44 (según planos)
	Año de reforzamiento/rehabilitación	No aplica
	Especificación utilizada para el reforzamiento/ rehabilitación	No aplica
	Carga viva de diseño utilizada para el reforzamiento/ rehabilitación	No aplica

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P08-2017	Página 14/49	VERSIÓN 04

5. ESTADO DE CONSERVACION Y SEGURIDAD VIAL DEL PUENTE

Los resultados de la evaluación del puente se presentan en 5 áreas: (a) Seguridad vial, (b) Superficie de rodamiento, accesorios, accesos y otros (c) Superestructura, (d) Subestructura y (e) Elementos de protección sísmica e hidráulica. De esta manera se describe la condición del puente de una manera simple y ordenada y al mismo tiempo se ofrecen recomendaciones para realizar mantenimiento, mejoras y reparaciones y si fuera necesario se recomienda la realización de inspecciones detalladas y estudios especializados. Estas observaciones y recomendaciones se resumen en las Tablas No.2 a No.6 las cuales se presentan a continuación.

En dichas tablas se presentan dos columnas llamadas GD y CE, las cuales corresponden, respectivamente, al Grado de Deficiencia (GD) y la Condición Evaluada (CE) para cada elemento del puente de acuerdo como se definen en el informe LM-PI-UP-05-2015 (Muñoz-Barrantes, et. al., 2015) y en el Anexo A. Los valores numéricos de GD (varía entre 0 y 3) y CE (varía entre 1 y 6), 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.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444	
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P08-2017	Página 15/49	VERSIÓN 04

Tabla No. 2. Estado de la seguridad vial.

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
2.1. Sistema de contención vehicular del puente	<p>La barrera vehicular fue diseñada en el año 1957 considerando condiciones de tránsito distintas a las que presenta la Ruta Nacional No. 2 actualmente. Lo anterior es 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. 2 actualmente, y por lo tanto, existe el riesgo de que ante el impacto de un vehículo la barrera vehicular no se desempeñe adecuadamente.</p> <p>La barrera vehicular presentaba deformación evidencia de impacto de vehículos y oxidación superficial (ver figuras 1 a 3).</p>	1	2	<p>A corto plazo se recomienda reemplazar los elementos de la barrera vehicular que presentan daño.</p> <p>Si se decide rehabilitar o intervenir la losa del puente según lo recomendado 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 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.</p>
2.2. Sistema de contención vehicular de los accesos	<p>El puente no contaba con un sistema de contención vehicular en los accesos o guardavías (ver figura 4).</p>	3	3	<p>Proveer un sistema de contención vehicular en los accesos del puente. Revisar las longitudes, ángulos de esviaje y demás detalles de guardavías de acuerdo con el Manual SCV: Guía para el análisis y diseño de seguridad vial de márgenes de carretera (Valverde-González, 2011).</p> <p>Anclar los guardavías a la barrera vehicular y brindar una terminación segura en los extremos según las recomendaciones del fabricante.</p>

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P08-2017	Página 16/49	VERSIÓN 04

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

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
2.3. Aceras y sus accesos	<p>El ancho de las aceras del puente no cumple con el mínimo requerido por la Ley 7600.</p> <p>No se observó tránsito peatonal durante la inspección, sin embargo el puente se ubica en las cercanías del pueblo de El Brujo.</p>	2	3	<p>Evaluar la necesidad de contar con un paso para el tránsito peatonal, ya sea en el puente o una estructura independiente. En ambos casos se debe cumplir con los requisitos de la Ley 7600.</p>
2.4. Rótulos de carga/ altura máxima e Identificación	<p>El puente contaba con rótulos de identificación con el nombre del puente y de altura máxima en los accesos.</p>	0	1	<p>Evaluar la necesidad de incluir el número de ruta nacional en el rótulo de identificación del puente.</p>
2.5. Señalización <ul style="list-style-type: none"> • Captaluces • Demarcación horizontal • Delineadores verticales • Marcadores de objeto 	<p>El estado de la demarcación horizontal es regular (Zamora-Rojas, et. al., 2012) (ver figura 5).</p> <p>No se observaron marcadores de objeto en los accesos (ver figura 4).</p> <p>La ausencia o deficiencia en los elementos mencionados aumenta la probabilidad de un accidente vial en condiciones de baja visibilidad.</p>	1	1	<p>Colocar marcadores de objeto en los accesos frente a la barrera vehicular del puente.</p> <p>Establecer un programa rutinario que incluya entre otras labores el mantenimiento de la señalización vial.</p>
2.6. Iluminación	<p>El puente no contaba con un sistema de iluminación. Tampoco se observó iluminación en los accesos. Se debe considerar que el acceso sur se encuentra en curva condición que dificulta la visibilidad.</p>	3	3	<p>Evaluar la necesidad de colocar iluminación en el puente y sus proximidades.</p>

(Ver Tabla No.3 en la página siguiente)

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P08-2017	Página 17/49	VERSIÓN 04

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

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
3.1. Superficie de rodamiento del puente	<p>La cara superior del tablero funciona como superficie de rodamiento del puente.</p> <p><i>Ver 4.1 Tablero.</i></p>	NA	NA	<i>Ver 4.1 Tablero.</i>
3.2. Bordillos y sistema de drenaje del puente	<p>Se observó acumulación de sedimentos en los bordillos (ver figuras 5 y 6).</p> <p>Los tubos de extensión de los drenajes no cuentan con la longitud mínima requerida por la especificación AASHTO LRFD (2014) (ver figuras 7 y 16).</p> <p>La descarga de agua sobre los elementos metálicos puede propiciar el deterioro de éstos.</p>	1	1	<p>Limpiar periódicamente los sectores donde se observó acumulación de sedimentos. Establecer un programa de mantenimiento rutinario que incluya dichas labores de limpieza.</p> <p>Colocar tubos de extensión en los agujeros de desagüe del puente que se extiendan al menos 100 mm por debajo del nivel inferior de las vigas principales, según la sección 2.6.6.4 de la especificación AASHTO LRFD (2014).</p>
3.3. Juntas de expansión	<p>Se observó evidencia de descarga de agua sobre los elementos de la subestructura (ver figura 8).</p> <p>Se observó obstrucción parcial en las juntas de expansión (ver figura 9).</p> <p>La obstrucción de las juntas de expansión puede limitar la capacidad de desplazamiento del puente. La descarga de agua sobre los elementos estructurales propicia su deterioro.</p>	2	2	<p>Eliminar las obstrucciones en las juntas de expansión y evaluar su estado, para determinar las medidas a implementar. Las reparaciones deben cumplir como mínimo las especificaciones aplicables del capítulo 6 del <i>Manual de especificaciones generales para la conservación de caminos, carreteras y puentes MCV-2015</i> (MOPT, 2015).</p> <p>Establecer un programa rutinario que incluya, entre otras tareas, el mantenimiento de los sellos de las juntas de expansión.</p>

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P08-2017	Página 18/49	VERSIÓN 04

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

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
3.4. Superficie de rodamiento de los accesos	Se observó desprendimiento y pulimiento de agregado en el pavimento (ver figura 9).	1	1	Establecer un programa de mantenimiento rutinario para la superficie de rodamiento de los accesos del puente.
3.5. Rellenos de aproximación y taludes de accesos	No se observaron daños en los rellenos de aproximación.	0	1	<i>Ver 3.8 Sistema de drenaje de los accesos</i>
3.6. Muros de retención de los accesos	Los accesos no contaban con muros de retención.	NA	NA	Ninguna.
3.7. Losa de aproximación	No se tuvo acceso visual a la losa de aproximación.	NI	NA	Ninguna.
3.8. Sistema de drenaje de los accesos	Los accesos no contaban con un sistema de drenaje que encauce el agua de forma controlada hacia el río.	1	1	Evaluar la necesidad de construir un sistema de drenaje en los accesos.
3.9. Vibración	Se percibieron vibraciones debido al paso de vehículos pesados sobre el puente.	NA	NA	Ninguna.

(Ver Tabla No.4 en la página siguiente)

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P08-2017	Página 19/49	VERSIÓN 04

Tabla No. 4. Estado de conservación de la superestructura tipo armadura de acero.

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
4.1. Tablero (losa de concreto).	<p>Se observó agrietamiento en dos direcciones en la cara superior del tablero de las tres superestructuras, se midió espesor de grietas es mayor que 1,0 mm y espaciamiento entre grietas menor que 300 mm (ver figuras 10 y 11).</p> <p>En la cara inferior del tablero de las superestructuras 1 y 3 se observó agrietamiento en dos direcciones con un espesor mayor que 0,30 mm y espaciamiento menor que 300mm (ver figura 12). No se tuvo acceso a la cara inferior del tablero de la superestructura 2.</p> <p>Se observaron desprendimientos con diámetro menor que 150 mm y profundidad menor que 25 mm (ver figura 11) en varios puntos de la cara superior del tablero de las tres superestructuras.</p> <p>Los daños observados aumentan la vulnerabilidad que la losa de concreto sufra una reducción en su capacidad de resistir carga vehicular.</p>	2	4	<p>Realizar una evaluación detallada del tablero para determinar su estado actual y un análisis de capacidad de carga con base en la metodología LRFR descrita en el Manual AASHTO para Evaluación de puentes (AASHTO, 2011) y definir las medidas a implementar para corregir las deficiencias observadas, ya sea una rehabilitación o un reemplazo.</p> <p>Las reparaciones deben cumplir como mínimo las especificaciones aplicables del capítulo 6 del <i>Manual de especificaciones generales para la conservación de caminos, carreteras y puentes MCV-2015</i> (MOPT, 2015).</p>

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN	
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P08-2017	Página 20/49
		VERSIÓN 04

Tabla No. 4 (continuación). Estado de conservación de la superestructura tipo armadura de acero.

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
4.2. Armaduras de acero (elementos y conexiones).	<p>Se observó deterioro del sistema de protección contra la corrosión y presencia de puntos de oxidación en los elementos metálicos de las cerchas de las tres superestructuras (ver figuras 3, 13 y 14).</p> <p>Se observaron deformaciones perpendiculares al eje longitudinal en elementos verticales de las cerchas principales conectados a elementos de cerchas rigidizadora en la superestructura 1 (ver figura 13).</p> <p>Las conexiones de los elementos principales de las armaduras de las tres superestructuras presentaban acumulación de sedimentos o contacto con vegetación (ver figuras 15, 16 y 20).</p> <p>En general, los daños observados en el sistema de protección contra la corrosión disminuyen la durabilidad de los elementos de la estructura.</p> <p>Las deformaciones observadas pueden disminuir la capacidad estructural, la estabilidad global de la estructura o la estabilidad local de los elementos, induciendo esfuerzos para los que el puente no fue diseñado.</p>	1	4	<p>Realizar una evaluación detallada de la estructura metálica con base en la metodología LRFR descrita en el Manual AASHTO para Evaluación de puentes (AASHTO, 2011) para determinar si debe limitar el peso de los vehículos que circulan sobre el puente y definir las medidas a implementar para corregir las deficiencias identificadas.</p> <p>Proveer a la totalidad de la estructura metálica de un sistema de protección contra la corrosión. Los trabajos deben cumplir como mínimo las especificaciones aplicables del capítulo 6 del <i>Manual de especificaciones generales para la conservación de caminos, carreteras y puentes MCV-2015</i> (MOPT, 2015).</p>

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P08-2017	Página 21/49	VERSIÓN 04

Tabla No. 4 (continuación). Estado de conservación de la superestructura tipo armadura de acero.

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
4.3. Vigas de piso	Se observó oxidación puntual y deterioro de la pintura en vigas de piso de las superestructuras 1 y 3 (ver figura 16). No se tuvo acceso visual a las vigas de piso de la superestructura 2.	1	3	Ver 4.2 <i>Armaduras de acero.</i>
4.4. Vigas transversales	Se observó oxidación puntual y deterioro de la pintura en vigas transversales de las superestructuras 1 y 3 (ver figura 16). No se tuvo acceso visual a las vigas de transversales de la superestructura 2.	1	3	Ver 4.2 <i>Armaduras de acero.</i>
4.5. Portales	Se observó deformación aparentemente por impacto de vehículos en los portales de las tres superestructuras (ver figuras 17 y 18). Se determinó en el sitio que la altura libre máxima de los portales y sistemas de arriostramiento vertical es de 4,64 metros, menor al mínimo de 5,50 metros establecido por el MOPT para puentes ubicados en la Red Vial Nacional.	2	4	Evaluar la necesidad de incrementar la altura libre de los portales y sistemas de arriostramiento vertical de las superestructuras tipo armadura. Procurar la asesoría de profesionales expertos en ingeniería estructural, diseño de puentes y estructuras metálicas. Ver 4.2 <i>Armaduras de acero.</i>
4.6. Sistema de arriostramiento	Se observó deformación aparentemente por impacto de vehículos en sistemas de arriostramiento vertical de las tres superestructuras (ver figura 18). Ver 4.5 <i>Portales.</i>	2	4	Ver 4.2 <i>Armaduras de acero.</i> Ver 4.5 <i>Portales.</i>

(Ver Tabla No. 5 en la página siguiente)

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P08-2017	Página 22/49	VERSIÓN 04

Tabla No. 5. Estado de conservación de la subestructura

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
5.1. Apoyos en bastiones y pilas	<p>Los apoyos presentaban deterioro del sistema de protección contra la corrosión. Lo anterior sumado a que los apoyos sobre ambos bastiones estaban en contacto con sedimentos y vegetación, induce a la corrosión de los elementos metálicos del apoyo (ver figura 19).</p> <p>En el caso de las pilas los apoyos presentaban deterioro de la pintura y oxidación puntual (ver figura 20).</p> <p>Todos los apoyos y principalmente los de las superestructuras tipo cercha evidenciaban ser del tipo sísmicamente vulnerable según los criterios de la sección 4.2.1.1(a) del <i>Manual de Rehabilitación Sísmica FHWA</i> (FHWA, 2006).</p>	2	4	<p>Valorar la posibilidad de establecer un proyecto de rehabilitación del puente donde se incluya la sustitución de los apoyos (dada su condición de vulnerabilidad sísmica) considerando los requerimientos de diseño y las condiciones ambientales del puente.</p> <p>En caso de que se decida no sustituirlos, se recomienda intervenirlos de acuerdo a su estado de deterioro y siguiendo las recomendaciones de la sección 8.3 del <i>Manual de Rehabilitación Sísmica FHWA</i> (FHWA, 2006).</p> <p>Proteger contra la corrosión los elementos metálicos de los apoyos.</p>
5.2. Bastiones	No se observaron daños en los bastiones.	0	1	Ninguna.
5.3. Aletones	No se observaron daños en los aletones.	0	1	Ninguna.
5.4. Pilas (viga cabezal, cuerpo)	No se tuvo acceso visual directo a las pilas, sin embargo, a la distancia no se observaron daños evidentes en las pilas.	0	1	Ninguna.

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P08-2017	Página 23/49	VERSIÓN 04

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

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
5.5. Cimentaciones (pilas y bastiones)	<p>En la gira de inspección del 2 de febrero se observó acumulación de escombros aguas arriba de la pila 1 (ver figura 21). Además se confirmó que la placa de cimentación de la pila 1 está parcialmente expuesta.</p> <p>Además se observó acumulación de sedimentos aguas abajo de la misma pila lo cual puede asociarse a socavación (ver figura 22).</p>	1	4	<p>Realizar un monitoreo frecuente de las posibles deficiencias observadas, prestando especial atención durante la época lluviosa. Si se determina que la socavación de las pila es tal que se ha removido material bajo la cimentación, intervenir el cauce del río para mitigar posibles afectaciones a la estructura del puente. Procurar la asesoría de profesionales expertos en hidrología e hidráulica de ríos.</p>

(Ver Tabla No. 6 en la página siguiente)

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN	
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P08-2017	Página 24/49
		VERSIÓN 04

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

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
6.1. Longitud de asiento en bastiones y pilas	<p>La longitud de asiento medida en los bastiones fue de 500mm. Con base en los planos constructivos se estimó que la longitud de asiento de las pilas es aproximadamente 300mm.</p> <p>Ambas dimensiones no cumplen con el mínimo establecido en la sección 4.7.4.4 de la norma de diseño AASHTO LRFD (2014) y en los Lineamientos para diseño Sismorresistente de puentes (CFIA, 2013).</p> <p>Las normas modernas de diseño sísmico de puentes especifican requisitos para la longitud de asiento para prevenir el colapso de la superestructura.</p>	2	4	<p>Evaluar la necesidad de proveer una longitud de asiento que cumpla con lo requerido por la norma AASTHO LRFD 2014 y en los <i>Lineamientos para diseño Sismorresistente de puentes</i> (CFIA, 2013).</p>
6.2. Dispositivos para prevención de colapso	<p>El puente no contaba con este tipo de dispositivos.</p> <p>La ausencia de estos dispositivos junto a una longitud de asiento insuficiente, aumenta la vulnerabilidad al colapso de la superestructura ante un evento sísmico.</p>	3	4	<p>Realizar un estudio de vulnerabilidad sísmica para determinar la la necesidad de proveer al puente de dispositivos para prevención del colapso con base en las recomendaciones del <i>Manual de rehabilitación sísmica FHWA</i> (FHWA, 2006).</p>

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN	
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P08-2017	Página 25/49
		VERSIÓN 04

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

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
6.3. Protección de taludes de relleno	Los taludes de relleno no contaban con un sistema de protección. Sin embargo, no se encontraron daños.	0	1	Evaluar la necesidad de proteger los taludes de los rellenos.
6.4. Protección de taludes frente al bastión	Los taludes frente a los bastiones no contaban con un sistema de protección. Sin embargo, no se encontraron daños. Los planos constructivos del puente no indican la construcción de este tipo de sistema.	0	1	Evaluar la necesidad de proteger los taludes frente a los bastiones.
6.5. Protección de socavación en pilas	Las pilas no contaban con un sistema de protección. Los planos constructivos del puente no indican la construcción de este tipo de sistema. <i>Ver 5.5 Cimentaciones.</i>	0	1	Evaluar la necesidad de proveer de protección a las pilas, las cuales interactúan con el río. <i>Ver 5.5 Cimentaciones.</i>
6.6. Cauce del río	El puente interactúa con el cauce del río y se observó indicios de socavación en la pila 1 (<i>Ver 5.5 Cimentaciones</i>).	0	1	<i>Ver 5.5 Cimentaciones.</i>

(Ver figura 1 en la página siguiente)

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN	Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P08-2017	Página 26/49



Figura 1. Deformación en la barrera vehicular del costado Este del acceso Sur



Figura 2. Desplazamiento horizontal de la barrera vehicular

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P08-2017	Página 27/49	VERSIÓN 04



Figura 3. Puntos de oxidación en elementos de cercha (izquierda) y barrera vehicular.



Figura 4. Ausencia de sistema de contención vehicular y marcadores de objeto en los accesos

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P08-2017	Página 28/49	VERSIÓN 04



Figura 5. Demarcación horizontal en estado regular.



Figura 6. Acumulación de sedimentos en el bordillo.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444	
	INFORME DE EVALUACIÓN	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P08-2017	Página 29/49



Figura 7. Tubo de extensión de los drenajes con longitud insuficiente.



Figura 8. Evidencia de filtración de agua sobre la el bastión 2 (izquierda) y las pilas.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P08-2017	Página 30/49	VERSIÓN 04



Figura 9. Obstrucción parcial en la junta de expansión del acceso 1 y estado del pavimento del acceso.



Figura 10. Patrón de agrietamiento de la cara superior del tablero

Informe LM-PIE-UP-P08-2017	Junio, 2017	Página 30 de 49
----------------------------	-------------	-----------------

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P08-2017	Página 31/49	VERSIÓN 04



Figura 11. Detalle de agrietamiento con desprendimiento en la cara superior del tablero. La moneda de 100 colones tiene aproximadamente 30 mm de diámetro.



Figura 12. Detalle de agrietamiento en la cara inferior del tablero.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P08-2017	Página 32/49	VERSIÓN 04



Figura 13. Deterioro del sistema de protección contra la corrosión y presencia de puntos de oxidación en elemento vertical de cercha principal.



Figura 14. Puntos de oxidación y deformación de elemento vertical de la armadura.

Informe LM-PIE-UP-P08-2017	Junio, 2017	Página 32 de 49
----------------------------	-------------	-----------------

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN	Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P08-2017	Página 33/49



Figura 15. Acumulación de sedimentos y presencia de vegetación en conexión de armadura principal.



Figura 16. Deterioro del sistema de protección de pintura y oxidación puntual en vigas de piso y transversal.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN	
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P08-2017	Página 34/49
		VERSIÓN 04



Figura 17. Deformación en el portal del acceso 2.



Figura 18. Deformación en el portal del acceso 1 y en sistema de arriostamiento vertical.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P08-2017	Página 35/49	VERSIÓN 04



Figura 19. Apoyo sobre el bastión 2 en contacto con sedimentos y con presencia de oxidación.



Figura 20. Oxidación puntual en apoyo sobre la pila 2.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P08-2017	Página 36/49	VERSIÓN 04



Figura 21. Acumulación de escombros aguas arriba de la pila 1. Nótese al inspector verificando si la placa de cimentación es visible.



Figura 22. Acumulación de sedimentos aguas debajo de la pila 1.

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P08-2017	Página 37/49	VERSIÓN 04

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este informe se presentan las observaciones realizadas durante la evaluación visual de la condición del puente río General (Superior) ubicado en la Ruta Nacional No. 2. Las Tablas No. 2 a No. 6 resumen la condición de deterioro del puente y proveen algunas recomendaciones generales.

Con base en lo observado y la metodología descrita en el ANEXO A, se concluye que el estado de conservación del puente es considerado como SERIA:

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

La calificación anterior se brinda por lo siguiente:

- a. Agrietamiento en dos direcciones en el tablero de concreto.
- b. Deformación, oxidación puntual y deterioro del sistema de pintura en los elementos metálicos de las superestructuras tipo armadura.
- c. Oxidación y contacto con sedimentos de los apoyos mecánicos.
- d. Deformación por impacto en portales y altura libre menor que la mínima establecida por el MOPT
- e. Longitud de asiento menor al mínimo requerido por la norma AASHTO LRFD y ausencia de dispositivos para prevenir el colapso de la superestructura.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P08-2017	Página 38/49	VERSIÓN 04

Además, se observó lo siguiente:

- f. Ausencia de un sistema de contención vehicular en los accesos.
- g. Ancho de aceras inferior al mínimo establecido en la ley 7600.
- h. Ausencia de un sistema de iluminación, tanto en el puente como en los accesos.
- i. Deformación, oxidación y deterioro del sistema de pintura del sistema de contención vehicular del puente.
- j. Acumulación de sedimentos en los bordillos.
- k. Longitud insuficiente de los tubos de extensión de los drenajes.
- l. Demarcación horizontal en estado regular y ausencia de marcadores de objeto en los accesos.
- m. Ausencia de un sistema de drenaje en los accesos.

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

1. Debido a que el puente fue diseñado con una normativa de 1953 con una carga de diseño menor a la utilizada actualmente, se recomienda a la Administración realizar un análisis de conveniencia para determinar si el puente inspeccionado puede continuar prestando servicio a la Ruta No.2 o debe ser rehabilitado con reforzamiento o rehabilitado con readecuación a la normativa vigente. Se debe recordar que el puente presenta elementos desactualizados que no cumplen con la normativa vigente, por ejemplo: ancho de aceras, el sistema de contención vehicular, longitud de asiento.
2. Realizar una inspección detallada del tablero, de los elementos de la estructura metálica de la superestructura tipo armadura y de los apoyos, para determinar su estado actual y definir las medidas necesarias a implementar para corregir las deficiencias observadas.

Informe LM-PIE-UP-P08-2017	Junio, 2017	Página 38 de 49
----------------------------	-------------	-----------------

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P08-2017	Página 39/49	VERSIÓN 04

3. Evaluar la necesidad de proveer una longitud de asiento que cumpla con la norma de diseño AASHTO LRFD.
4. Proteger todos los elementos metálicos con un sistema de protección contra la corrosión.
5. Proveer de un sistema de contención vehicular en los accesos.
6. Evaluar la necesidad de proveer de aceras que cumplan con el ancho mínimo especificado en la ley 7600.
7. Evaluar la necesidad de proveer de un sistema de iluminación en el puente y/o en los accesos.
8. Aumentar la longitud de los tubos de extensión de los drenajes de la superestructura.
9. Evaluar la necesidad de construir un sistema de drenaje en los accesos.
10. Establecer un programa periódico que incluya, entre otras labores de mantenimiento: sustitución y reposición de elementos de señalización vial, pintura de la demarcación horizontal, limpieza de acumulaciones de sedimentos, mantenimiento de juntas de expansión, eliminación de vegetación en elementos del puente, protección de los elementos metálicos contra la corrosión, sellado de grietas no estructurales, etc.

Se asume que estas recomendaciones serán evaluadas por los profesionales que la Administración asigne como responsables del mantenimiento y rehabilitación de la estructura. En caso de ser requerido se recomienda procurar la asesoría profesional específica en los aspectos que se mencionaron en los puntos anteriores.

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P08-2017	Página 40/49	VERSIÓN 04

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*. Publication N° FHWA-HRT-06-032. U.S. Department of Transportation. Federal Highway Administration. Virginia, 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 (2015). *Anuario de Información de Transito 2015*. Dirección de Planificación Sectorial. Unidad de Estudios de Tráfico e Investigación. Ministerio de Obras Públicas y Transportes. San José, Costa Rica.
6. MOPT (2015). *Manual de especificaciones generales para la conservación de caminos, carreteras y puentes MCV-2015*. Ministerio de Obras Públicas y Transportes. San José, Costa Rica.
7. Muñoz-Barrantes, J., Vargas-Alas, L. G., Vargas-Barrantes, S., Agüero-Barrantes, P., Villalobos-Vega, E., Barrantes-Jiménez, R., et al. (2015). *Actualización de los criterios para la evaluación visual de puentes LM-PI-UP-05-2015*. San José, Costa Rica: Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA), LanammeUCR.
8. Valverde-González, G. (2011). *Manual SCV: Guía para el análisis y diseño de seguridad vial de márgenes de carretera*. Vicerrectoría de Investigación. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

Informe LM-PIE-UP-P08-2017	Junio, 2017	Página 40 de 49
----------------------------	-------------	-----------------

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P08-2017	Página 41/49	VERSIÓN 04

9. Zamora-Rojas, J., Jiménez-Romero, D., Acosta-Hernández, E., Castillo-Barahona, R., Rodríguez-Roblero, M. J., Quirós-Serrano, C. (2012). *Guía de evaluación de seguridad vial para puentes en Costa Rica*. Versión 02-2012. Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA), LanammeUCR. San José, Costa Rica.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P08-2017	Página 42/49	VERSIÓN 04

Página intencionalmente dejada en blanco

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P08-2017	Página 43/49	VERSIÓN 04

ANEXO A

Criterios para clasificar el estado de conservación del puente.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P08-2017	Página 44/49	VERSIÓN 04

Página intencionalmente dejada en blanco

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P08-2017	Página 45/49	VERSIÓN 04

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

El procedimiento de evaluación considera las siguientes variables:

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

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P08-2017	Página 46/49	VERSIÓN 04

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

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

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

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

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

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

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

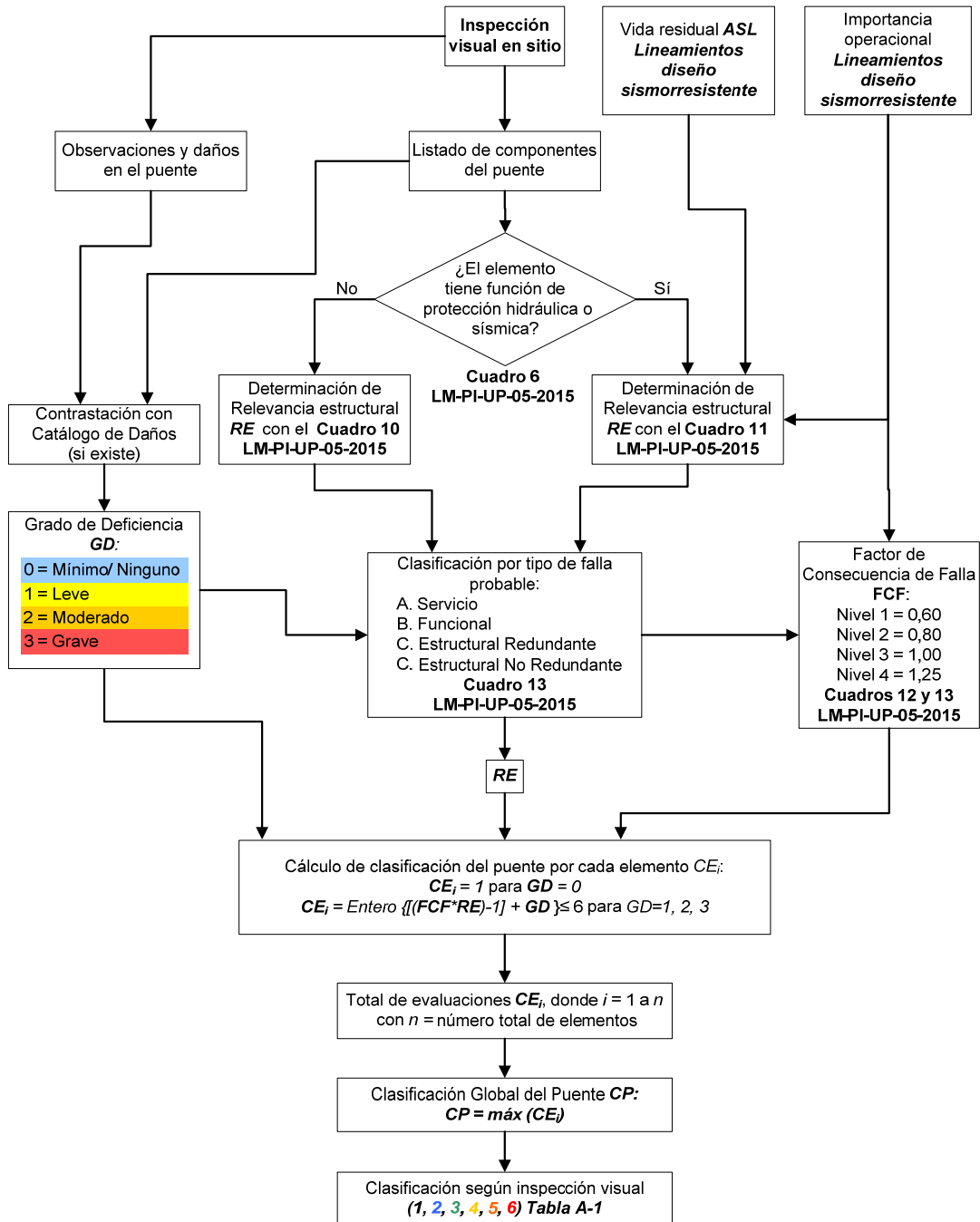


Figura A-1. Diagrama de flujo con metodología para calificar cualitativamente la condición del puente de acuerdo con informe LM-PI-UP-05-2015

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P08-2017	Página 48/49	VERSIÓN 04

Tabla A-1. Descripción de los niveles de calificación cualitativa de la condición del puente de acuerdo con informe LM-PI-UP-05-2015

CATEGORÍA	CONDICIÓN	DESCRIPCIÓN	
		Integridad Estructural y Seguridad Vial	Necesidad de Atención
1	SATISFACTORIA	Estado bueno. Sin daño o daños son leves. La estabilidad estructural, seguridad vial y durabilidad están asegurados	Mantenimiento rutinario (Se asume que está programado para todos los puentes de la Red Vial Nacional)
2	REGULAR	Deterioros ligeros que deben ser tratados por aspectos de durabilidad o progresión del daño. Deficiencias en aspectos de seguridad vial	Reparaciones se programan en conjunto con el siguiente mantenimiento rutinario del puente
3	DEFICIENTE	Deficiencia importante pero los componentes del puente funcionan aún de forma adecuada. Daño o defecto en seguridad vial peligroso	Es necesario programar la reparación previo al próximo mantenimiento rutinario
4	SERIA	Puente estable pero con deterioro significativo en uno o varios elementos estructurales primarios, o falla en secundarios. Si no se trata la proliferación del deterioro, este podría conducir a una situación inestable a futuro. Deficiencia en seguridad vial muy riesgosa para los usuarios	<u>Atención pronta.</u> Se debe atender pronto el puente para detener la progresión del daño. Se debe atender una situación peligrosa en la seguridad vial de forma prioritaria incluyendo el señalamiento de la situación vial riesgosa
5	ALARMANTE	Situación crítica. La estabilidad del puente puede estar comprometida en un periodo de tiempo corto gracias a la progresión del daño. Procurar reparación o tratamiento inmediato para asegurar estabilidad y evitar daños irreversibles en los elementos	<u>Atención prioritaria.</u> Se debe señalar la condición estructural peligrosa del puente y los trabajos de reparación son prioritarios. Evaluar la capacidad estructural residual del puente para juzgar si es necesario restringir la carga permitida
6	RIESGO INACEPTABLE o FALLA INMINENTE	Condición de deterioro inaceptable en puentes de importancia muy alta o situación de puente inestable con riesgo alto de colapso de la estructura. Daño severo en un elemento crítico o daños severos extendidos sobre varios elementos principales. Daño irreversible que posiblemente requiera el cambio del puente o la sustitución de elementos dañados	<u>Atención inmediata.</u> Cerrar el puente o restringir el paso de vehículos pesados (según criterio de la Administración). Evaluar necesidad de colocación de soportes temporales o un puente temporal. Estudio estructural del puente y propuesta de reparación o cambio del puente

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444	
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P08-2017	Página 49/49	VERSIÓN 04

CALIFICACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PUENTE SEGÚN LA EVALUACIÓN VISUAL

Nombre del puente y Ruta	Río General Superior Ruta No. 2	Importancia Operacional (LDSP 2013)	Crítico
Fecha Evaluación	01/09/2016	TPD (veh/día)	1770
Año de construcción o diseño	1961	Vida de diseño según código (años)	50

ELEMENTO	RE	GD	DESCRIPCIÓN DE DAÑOS O REFERENCIA A TABLA DE INFORME	TIPO DE FALLA	FCF	CE _i	
SEGURIDAD VIAL	Barrera vehicular (puente)	2	1	Tabla 2, aspecto 2.1	B	0.8	2
	Barrera vehicular (accesos)	1	3	Tabla 2, aspecto 2.2	A	0.6	3
	Aceras	2	2	Tabla 2, aspecto 2.3	B	0.8	3
	Señalización Vial	1	1	Tabla 2, aspecto 2.5	A	0.6	1
	Rotulación Carga/Altura Máxima	1	0	No aplica	A	0.6	1
	Iluminación	1	3	Tabla 2, aspecto 2.6	A	0.6	3
ACCESORIOS	Superficie de rodamiento (puente)	1	No Aplica	Tabla 3, aspecto 3.1	A	0.6	
	Sistema de drenaje del puente	1	1	Tabla 3, aspecto 3.2	A	0.6	1
	Juntas de expansión	1	2	Tabla 3, aspecto 3.3	A	0.6	2
ACCESOS	Superficie de rodamiento (acceso)	1	1	Tabla 3, aspecto 3.4	A	0.6	1
	Relleno de aproximación	2	0	Tabla 3, aspecto 3.5	B	0.8	1
	Losa de aproximación	2	No Insp.	Tabla 3, aspecto 3.7	B	0.8	
	Muros de contención en accesos	2	No Aplica	Tabla 3, aspecto 3.6	B	0.8	
SUPERES-TRUCTURA TIPO ARMADURA	Tablero	3	2	Tabla 4, aspecto 4.1	C	1	4
	Armaduras de acero	4	1	Tabla 4, aspecto 4.2	C	1	4
	Sistema de arriostamiento	2	2	Tabla 4, aspectos 4.5 y 4.6	B	0.8	3
	Vigas transversales y largueros de piso	3	2	Tabla 4, aspectos 4.3 y 4.4	C	1	4
SUBESTRUCTURA	Apoyos	3	2	Tabla 5, Aspecto 5.1	C	1	4
	Aletones	2	0	Tabla 5, Aspecto 5.3	B	0.8	1
	Bastiones: Viga cabezal	3	0	Tabla 5, Aspecto 5.2	C	1	1
	Bastiones: Cuerpo	3	0	Tabla 5, Aspecto 5.2	C	1	1
	Bastiones: Cimentación	3	0	Tabla 5, Aspecto 5.5	C	1	1
	Pilas: Viga cabezal	3	0	Tabla 5, Aspecto 5.4	C	1	1
	Pilas: Cuerpo tipo columna	4	0	Tabla 5, Aspecto 5.4	D	1	1
	Pila: Cimentación	4	1	Tabla 5, Aspecto 5.5	D	1	4
ELEMENTOS DE PROTECCIÓN SÍSMICA	Longitud de asiento (pedestales)	3	2	Tabla 6, Aspecto 6.1	C	1	4
	Llaves de corte	2	3	Tabla 6, Aspecto 6.2	C	1	4
	Cadenas/ anclajes/ postensión externa	2	No Aplica	Tabla 6, Aspecto 6.2	C	1	
	Dispositivos especiales	2	No Aplica	Tabla 6, Aspecto 6.2	C	1	
ELEMENTOS DE PROTECCIÓN	Protección de taludes de rellenos	2	0	Tabla 6, Aspecto 6.3	C	1	1
	Escollera de protección	2	0	Tabla 6, Aspecto 6.4	C	1	1
	Protección de socavación en pilas	2	0	Tabla 6, Aspecto 6.5	C	1	1

CP =	4
	Condición Seria

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