

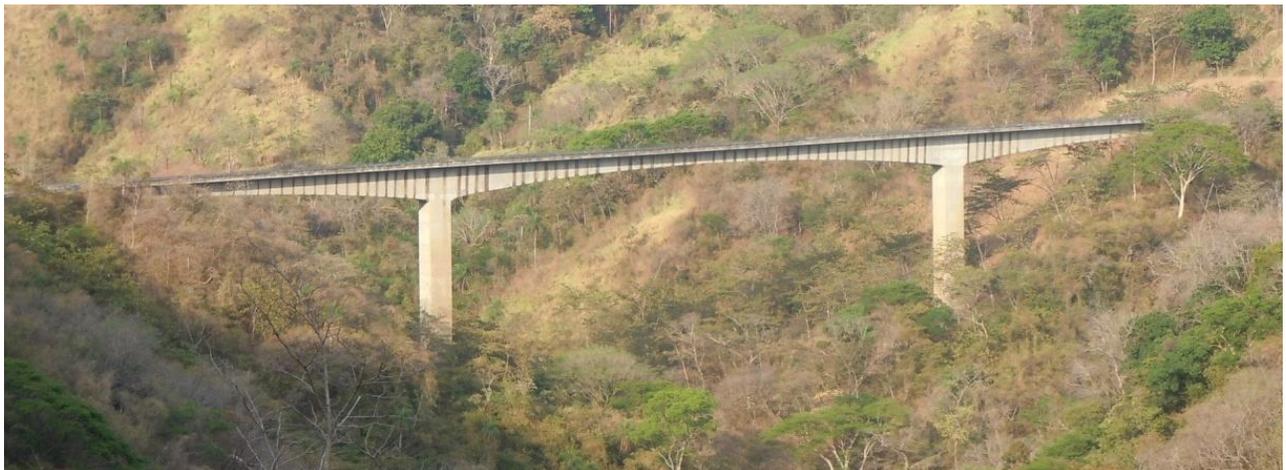
 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P16-2017	Página 1/67	VERSIÓN 04

Programa de Ingeniería Estructural

Proyecto: LM-PIE-UP-P16-2017

EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PUENTE SOBRE EL RÍO CONCEPCIÓN RUTA NACIONAL No. 27

Preparado por:
 Unidad de Puentes
 LanammeUCR



San José, Costa Rica
 Setiembre, 2017

	<p>Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR</p> <p>INFORME DE EVALUACIÓN</p>	<p>Código: RC-444</p>	
	<p>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P16-2017</p>	<p>Página 2/67</p>	<p>VERSIÓN 04</p>

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-P16-2017	Página 3/67

Información técnica del documento

1. Informe: LM-PIE-UP-P16-2017		2. Copia No. 1	
3. Título y subtítulo: EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PUENTE SOBRE EL RÍO CONCEPCIÓN RUTA NACIONAL No.27		4. Fecha del Informe Setiembre, 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 Concepción, en la Ruta Nacional No. 27, es un producto del programa de inspecciones de la Unidad de Puentes del Programa de Ingeniería Estructural - LanammeUCR, para evaluar la condición estructural y funcional de puentes ubicados a lo largo de la Red Vial Nacional, en el marco de las competencias asignadas mediante el artículo 6 de la ley 8114. Según lo observado en el sitio la condición del puente se valoró como DEFICIENTE. Por lo tanto, con el propósito de contribuir a la atención de la estructura evaluada se realizan recomendaciones generales relacionadas con cada aspecto evaluado en este informe.</i>			
8. Palabras clave Puentes, Concesión, Ruta Nacional No. 27, Carretera José María Castro Madriz, río Concepción, Evaluación de condición.		9. Nivel de seguridad: Ninguno	10. Núm. de páginas 67
11. Inspección e informe por: Ing. Luis Guillermo Vargas Alas Unidad de Puentes	12. Inspección, revisión y aprobación por: Ing. Esteban Villalobos Vega Coordinador a.i. Unidad de Puentes		
13. Revisado por: Lic. Owen Gooden Morales Asesor Legal LanammeUCR	14. Revisado y aprobado por: Ing. Rolando Castillo Barahona Coordinador Programa de Ingeniería Estructural		

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P16-2017	Página 4/67	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-P16-2017	Página 5/67	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	34
7. REFERENCIAS.....	41
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-P16-2017	Página 6/67	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-P16-2017	Página 7/67	VERSIÓN 04

1. INTRODUCCIÓN

Este informe de evaluación del puente sobre el río Concepción, en la Ruta Nacional No.27, 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 15 de febrero de 2017.

2. OBJETIVOS

- a) Realizar el inventario del puente utilizando la información incluida en los planos de diseño originales y verificar la información durante la inspección visual realizada en sitio.
- b) Efectuar una inspección visual de todos los componentes estructurales y no estructurales para evaluar su condición estructural.
- c) Inspeccionar y evaluar la seguridad vial del puente para reducir el riesgo de accidentes de tránsito y disminuir su severidad.
- d) Proporcionar recomendaciones generales para mantenimiento y/o reparación.
- e) Brindar una calificación de la condición del puente basado en la evaluación de la condición de sus componentes.
- f) Comparar la condición actual del puente con la condición reportada en informes de evaluación anteriores.

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P16-2017	Página 8/67	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 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, 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.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444	
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P16-2017	Página 9/67	VERSIÓN 04

4. DESCRIPCIÓN

El puente evaluado se ubica en la Ruta Nacional No. 27 (Carretera José María Castro Madriz), en la sección de control 21890 y cruza el río Concepción. Desde el punto de vista administrativo, se ubica en el distrito Jesús, del cantón Atenas, en la provincia de Alajuela. Sus coordenadas, en el sistema geográfico de ubicación, corresponden con: 09°55'08,3"N de latitud y 84°28'52,2"O de longitud. La figura A muestra la ubicación geográfica del puente.

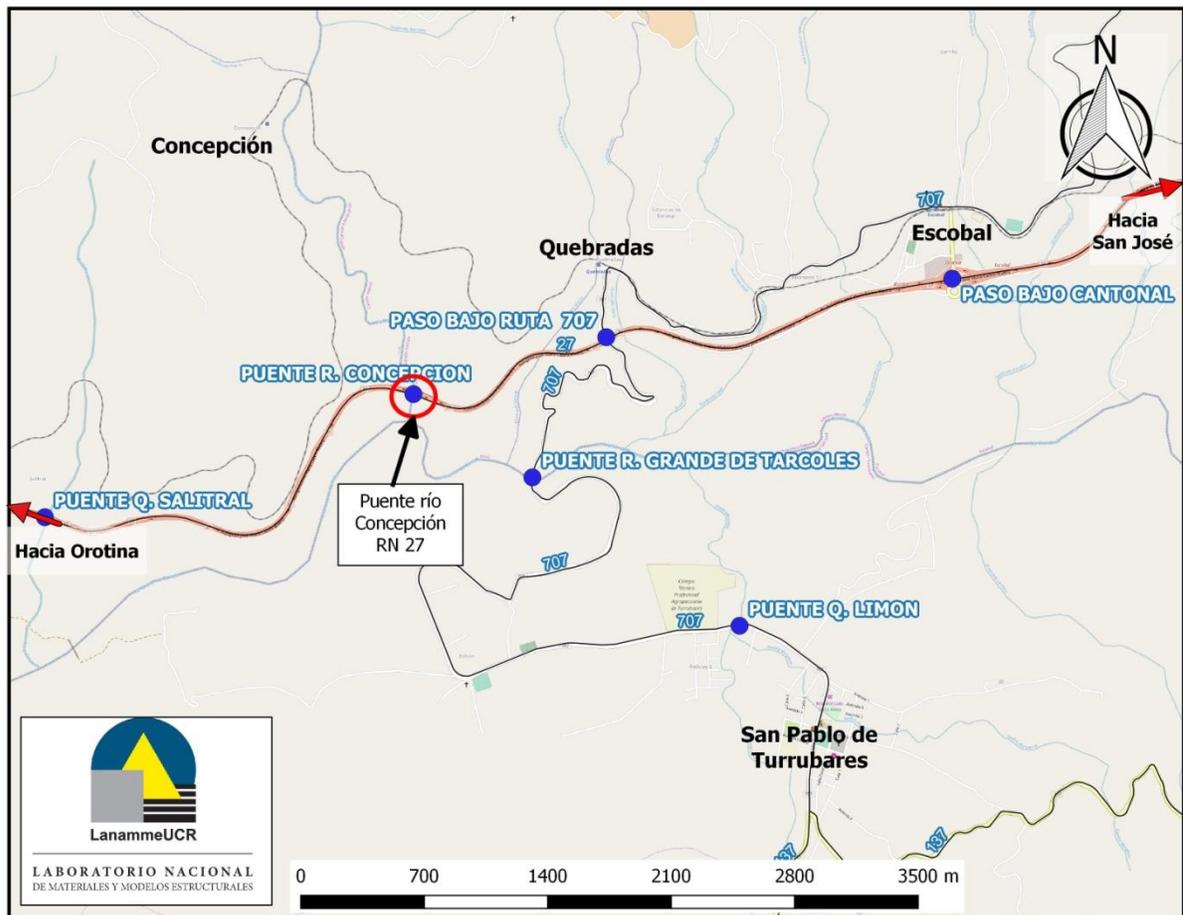


Figura A. Ubicación geográfica del puente.
 (Adaptado de Open Street Maps, 2017)

La ruta clasifica como primaria y tiene un tránsito promedio diario de 16457 vehículos por día en la sección de control donde se ubica el puente, según el Anuario de Tránsito 2015

Informe LM-PIE-UP-P16-2017	Setiembre, 2017	Página 9 de 67
----------------------------	-----------------	----------------

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P16-2017	Página 10/67	VERSIÓN 04

(MOPT, 2015a), publicado por la Dirección de Planificación Sectorial del MOPT. Se debe indicar que el porcentaje de vehículos pesados es de 9 % (1481 vehículos), de los cuales el 4 % (658 vehículos) corresponde a camiones de 5 ejes.

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

Para éste puente en particular, sí se tuvo acceso a algunas 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-P16-2017		Página 11/67



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



Figura C. Vista lateral

Informe LM-PIE-UP-P16-2017	Setiembre, 2017	Página 11 de 67
----------------------------	-----------------	-----------------

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444	
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P16-2017	Página 12/67	VERSIÓN 04

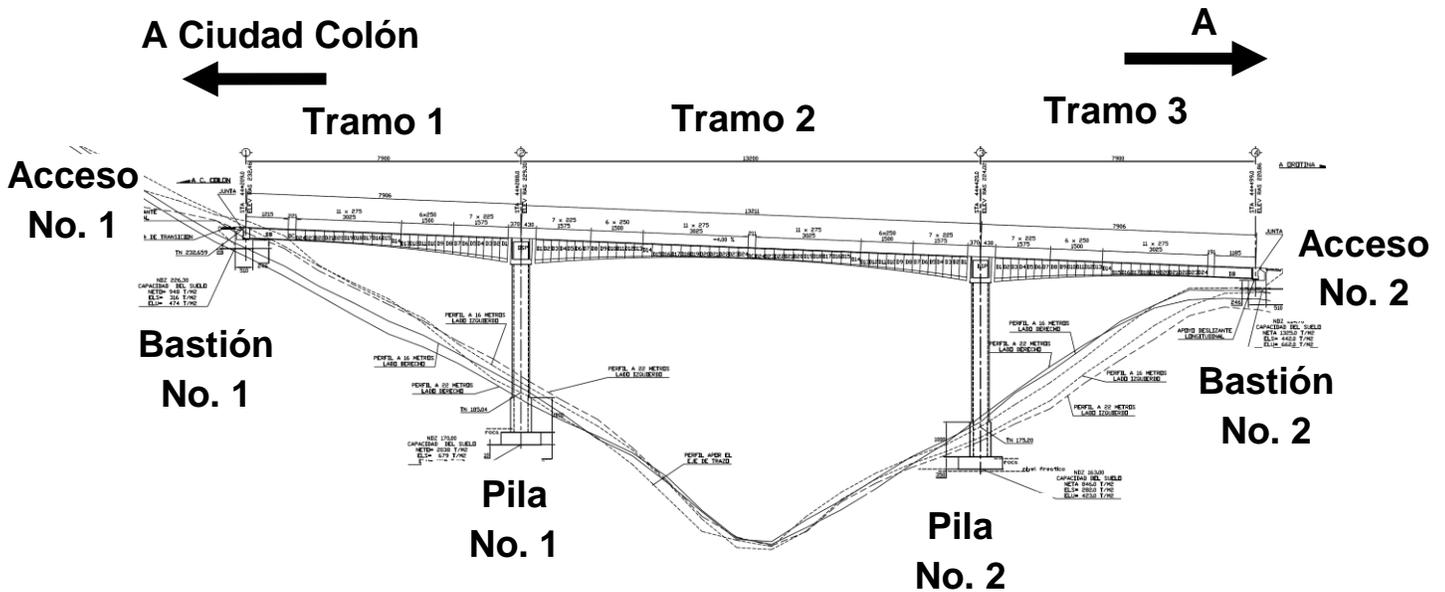
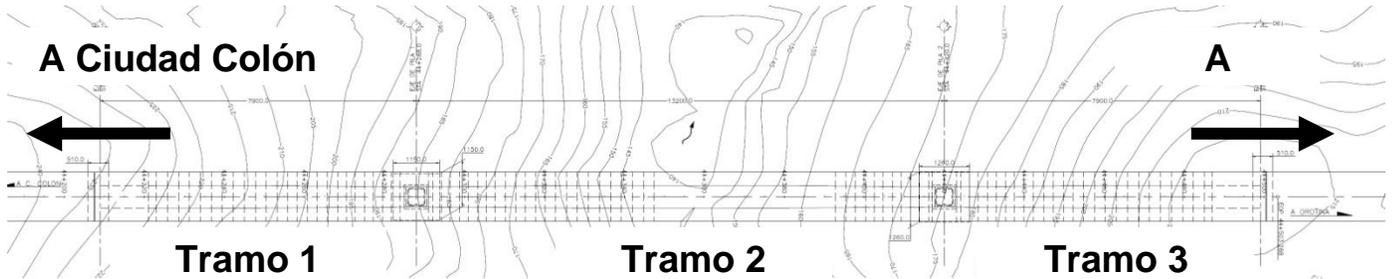


Figura D. Identificación utilizada para el puente sobre el río Concepción.

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P16-2017	Página 13/67	VERSIÓN 04

Tabla No. 1. Características básicas del puente.

Geometría	Tipo de estructura	Puente
	Longitud total (m)	297
	Ancho total (m)	12,3
	Ancho de calzada (m)	9,80
	Número de tramos	3
	Alineación del puente	Recta
	Número de carriles	2
Superestructura	Número de superestructuras	1
	Tipo de superestructura (elementos principales)	Superestructura tipo marco con elemento principal tipo viga cajón de sección variable de concreto preesforzado
	Tipo de tablero	Losa de concreto preesforzado (losa superior del cajón)
Apoyos	Tipo de apoyo en bastiones	Bastión 1: apoyo expansivo Bastión 2: apoyo expansivo
	Tipo de apoyo en pilas	Pila 1: apoyo rígido Pila 2: apoyo rígido
Subestructura	Número de elementos	Bastiones: 2 Pilas: 2
	Tipo de bastiones	Bastión 1: tipo cabezal de concreto reforzado Bastión 2: tipo cabezal de concreto reforzado
	Tipo de pilas	Pila 1: tipo columna sencilla de concreto reforzado Pila 2: tipo columna sencilla de concreto reforzado
	Tipo de cimentación	Bastiones: Placa (cabezal) Pilas: placa
Diseño y construcción	Año de diseño	2000
	Año de construcción	2001
	Especificación de diseño original	AASHTO Standard 1996
	Carga viva de diseño original	HS20-44+25%
	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

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P16-2017	Página 14/67	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, 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 elemento? evaluado; sin embargo, la atención de la estructura se debe realizar haciendo un análisis integral de todos los deterioros detallados en la evaluación que se presenta en este informe. En las casillas correspondientes a 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-P16-2017	Página 15/67	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 podría no cumplir con los niveles de contención de la <i>Especificación de diseño AASHTO LRFD</i> (AASHTO, 2014), debido a que fue diseñada con una normativa anterior que no consideraba los requisitos para niveles de contención. (Especificaciones Estándar de AASHTO 1996). Un sistema de contención no acorde con las condiciones actuales de tránsito de la ruta, aumenta el riesgo de que ante el impacto de un vehículo la barrera no se desempeñe adecuadamente.</p>	0	1	<p>Revisar si la barrera vehicular cumple con los requisitos del capítulo 13 de AASHTO LRFD (AASHTO, 2014) para el nivel de contención TL-4 como mínimo.</p> <p>Si el sistema no cumple con los requisitos de diseño para una barrera TL-4, evaluar la posibilidad de establecer un programa de rehabilitación del puente donde se incluya la rehabilitación o sustitución de la barrera vehicular por un sistema que haya sido probado para un nivel de contención TL-4, según las disposiciones de <i>AASHTO LRFD</i>.</p>
2.2. Sistema de contención vehicular de los accesos	<p>El guardavías del acceso 2, ubicado en el costado aguas arriba del puente no tenía pernos que lo anclaran al sistema de contención vehicular del puente (ver figura 1).</p> <p>Algunos pernos de anclaje al sistema de contención del puente de los otros guardavías se encontraban corroídos.</p> <p>Este detalle de conexión de los guardavías al sistema de contención del puente, podría no ser adecuado para contener un vehículo que impacte en esta zona.</p> <p>Esta situación podría provocar que el sistema no se desempeñe adecuadamente en un accidente de tránsito.</p>	2	2	<p>Revisar si los detalles de conexión de los guardavías al sistema de contención vehicular del puente están conforme a las recomendaciones del fabricante del sistema y a las disposiciones del <i>Manual SCV: Guía para el análisis y diseño de seguridad vial de márgenes de carretera</i> (Valverde, 2011).</p>

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444	
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P16-2017	Página 16/67	VERSIÓN 04

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

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
2.3. Aceras y sus accesos	<p>Se observaron bordillos de seguridad de 0,90 m de ancho en el puente que se podrían utilizar como acera. Sin embargo, el ancho de bordillo no cumple con el ancho requerido por la Ley 7600 (ver figura 2).</p> <p>El día de la visita al sitio no se observaron peatones sobre el puente, ni hay poblados cercanos que motiven el uso peatonal del puente.</p>	0	1	Ninguna
2.4. Rótulos de carga/ altura máxima e Identificación	El puente tiene rótulos de identificación en ambos accesos, los cuales se encontraron en buen estado.	0	1	Considerar la posibilidad de incluir en los rótulos de identificación el número de ruta nacional.
2.5. Señalización <ul style="list-style-type: none"> • Captaluces • Demarcación horizontal • Delineadores verticales • Marcadores de objeto 	<p>La demarcación sobre la calzada del puente se encontraba en estado regular (Zamora-Rojas, et al., 2012) (ver figura 2).</p> <p>Se encontraron alrededor de un 20% de captaluces faltantes o en mal estado en la línea de centro y más del 50% de los captaluces faltaban en las líneas de borde (Zamora-Rojas, et al, 2012) (Ver figura 2).</p> <p>No se observaron marcadores de objeto ni delineadores verticales.</p> <p>La ausencia de elementos de seguridad vial podría aumentar el riesgo de accidentes de tránsito en condiciones de baja visibilidad.</p>	2	2	<p>Establecer un programa de mantenimiento periódico del puente donde se incluya la demarcación horizontal, colocación de captaluces y colocación de marcadores de objeto frente a los extremos de la barrera del puente.</p> <p>Seguir en donde aplique los procedimientos descritos en el <i>Manual de Conservación de Carreteras, Caminos y Puentes MCV-2015</i> (MOPT, 2015b)</p> <p>Para la colocación de captaluces seguir lo indicado en la <i>Guía para colocación de captaluces</i> de la Dirección General de Ingeniería de Tránsito (MOPT, 2013)</p>

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P16-2017	Página 17/67	VERSIÓN 04

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

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
2.6. Iluminación	No se observó iluminación en el puente.	0	1	<p>Valorar las condiciones de visibilidad nocturna y si se requiere instalar de un sistema de iluminación debido a la longitud del puente.</p> <p>Ver también las recomendaciones en 2.5 Señalización.</p>

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	La superficie de rodamiento del puente es la cara superior de la losa superior del cajón de concreto.	NA	NA	Ver recomendaciones en 4.1. Losa.
3.2. Bordillos y sistema de drenaje del puente	<p>Se encontraron sedimentos alrededor de las entradas de los ductos de drenaje, los cuales no obstruían estos ductos (ver figura 2)</p> <p>No se observaron ductos de salida para el sistema de drenaje, lo cual, provoca que el agua descargue directamente sobre las caras de la viga principal tipo cajón y produzca manchas de humedad (ver figura 3).</p> <p>La descarga directa de agua sobre los elementos de concreto del puente podría acelerar su deterioro.</p>	1	1	<p>Proveer a los ductos de drenaje una tubería o sistema de tuberías diseñados para que descarguen el agua lejos de los elementos estructurales de la superestructura. Considerar las disposiciones del artículo 2.6.6.4 de <i>AASHTO LRFD</i> (AASHTO, 2014) para la colocación de los ductos de descarga.</p> <p>Se recomienda considerar en lo posible el aspecto estético del puente al colocar los ductos de extensión.</p>

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444	
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P16-2017	Página 18/67	VERSIÓN 04

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

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
3.3. Juntas de expansión	<p>Los sistemas de drenaje internos de ambas juntas de expansión mostraban acumulación de sedimentos, y en el caso de la junta 2 esta se encontraba completamente obstruida con sedimentos y basura en algunas zonas (ver figura 4 y figura 5).</p> <p>Además, se observó que la abertura hacia ambos extremos del sistema de drenaje descargaba directamente sobre los bastiones (ver figura 6), lo cual generaba acumulación de sedimentos y agua alrededor de los apoyos.</p> <p>Se encontraron manchas de humedad en las paredes del cabezal y sedimentos acumulados en la zona detrás del cajón de concreto, los cuales, evidencian el ingreso de agua a través de las juntas (ver figura 7)</p> <p>En la junta de expansión 2 (sobre el bastión 2) se observó faltante de uno de los elementos metálicos (ver figura 4).</p>	2	2	<p>Establecer un programa de limpieza periódica del puente que incluya las juntas de expansión.</p> <p>Reponer la pieza faltante en la junta de expansión 2. Consultar las especificaciones de la junta de expansión en los planos de diseño del puente.</p> <p>Extender el sistema de drenaje de las juntas de expansión de manera que descargue fuera de los bastiones.</p> <p>Seguir en donde aplique los procedimientos descritos en el <i>Manual de Conservación de Carreteras, Caminos y Puentes MCV-2015</i> (MOPT, 2015b)</p>
3.4. Superficie de rodamiento de los accesos	<p>Se observó pulimiento y desprendimientos puntuales del agregado de la carpeta asfáltica de ambos accesos (ver figura 9)</p>	1	1	<p>Establecer un programa de mantenimiento periódico de la carretera de acceso al puente donde se monitoree y atiendan deficiencias en la superficie de ruedo de los accesos.</p> <p>Seguir en donde aplique los procedimientos descritos en el <i>Manual de Conservación de Carreteras, Caminos y Puentes MCV-2015</i> (MOPT, 2015b)</p>

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P16-2017		Página 19/67 VERSIÓN 04

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

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
3.5. Rellenos de aproximación y taludes de accesos	No se observaron deficiencias.	0	1	Ninguna
3.6. Muros de retención de los accesos	No se observaron daños en los muros de gaviones del acceso 2. En el acceso 1 no se observaron muros de retención.	0	1	Ninguna
3.7. Losa de aproximación	No se tuvo acceso visual a las losas de aproximación debido a que se encuentran enterradas, según se indica en los planos de diseño del puente. En informes anteriores se evaluó como losa de aproximación la superficie superior de una ménsula ubicada sobre la pared del cabezal de los bastiones del puente, debido a que no se tenían planos de la estructura.	NI	NI	Ninguna
3.8. Sistema de drenaje de los accesos	No se observaron deficiencias.	0	1	Establecer un programa de mantenimiento rutinario que incluya la limpieza del sistema de drenaje de los accesos.
3.9. Vibración	La vibración del puente es fuertemente perceptible con el paso de vehículos pesados. Esta vibración, se observó que se transmite a los cables de post-tensión para continuidad de la estructura del puente, que se ubican dentro de la viga cajón.	NA	NA	Considerar llevar a cabo una evaluación detallada de las condiciones de durabilidad y capacidad estructural de los cables de post-tensión para continuidad de la estructura 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-P16-2017	Página 20/67

Tabla No. 4. Estado de conservación de la superestructura tipo cajón de concreto preesforzado.

Elementos	Observaciones	GD	CE	Recomendaciones
4.1. Tablero de concreto	<p>El tablero del puente es la losa superior del cajón de concreto.</p> <p>Se observaron grietas en la superficie superior del tablero con anchos mayores que 1,50 mm, espaciadas a cada 0,30 m, orientadas en sentido paralelo a la dirección del tránsito y extendidas a todo lo largo del puente (ver figura 10). También se observaron grietas en dos direcciones con anchos mayores que 1,50 mm, espaciamientos menores que 0,20 m, ubicadas cerca de las juntas de expansión y dispersas en varios puntos hacia el centro del puente (ver figura 11).</p> <p>Además, se observaron desprendimientos de concreto dispersos en varios puntos de la superficie superior del tablero del puente, los cuales, tienen una profundidad entre 13 mm y 25 mm, con dimensiones máximas entre 30 mm y 250 mm. La mayor parte de estos desprendimientos se encuentran en reparaciones de concreto distribuidas a lo largo de la superficie superior (ver figura 12).</p> <p>Se encontraron algunas grietas con eflorescencia en varios puntos de la superficie inferior del tablero. (ver figura 13)</p>	1	3	Realizar una inspección detallada para evaluar las condiciones de durabilidad y de capacidad estructural del tablero de concreto, determinando la extensión, la severidad y las posibles causas de cada una de las deficiencias observadas, para recomendar las medidas de intervención necesarias.

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P16-2017	Página 21/67	VERSIÓN 04

Tabla No. 4. Estado de conservación de la superestructura tipo cajón de concreto preesforzado (continuación).

Elementos	Observaciones	GD	CE	Recomendaciones
4.2. Cajón de concreto	<p>Se observaron grietas en sentido diagonal, de 0,15 mm y espaciadas entre 0,30 m y 1,0 m, en las paredes del cajón ubicadas en la dovela del extremo cercano los bastiones (ver figura 14).</p> <p>En la cara externa de la pared del costado aguas arriba cerca del bastión 2, también, se encontró un desprendimiento de concreto con acero de refuerzo expuesto, el cual, aparenta ser una pica de inspección que no fue reparada (ver figura 15).</p>	1	3	<p>Evaluar la capacidad de carga viva de la superestructura utilizando la metodología LRFR descrita en el <i>Manual AASHTO para Evaluación de puentes</i> (AASHTO, 2011).</p> <p>Dar seguimiento en próximas inspecciones a las grietas del cajón de concreto con el fin de verificar si el ancho de grietas aumenta o si aparece mayor densidad de grietas en el elemento. Intervenir las grietas en caso de que se considere necesario.</p> <p>Reparar el desprendimiento observado en el próximo mantenimiento rutinario del puente.</p> <p>Seguir en donde aplique los procedimientos descritos en el <i>Manual de Conservación de Carreteras, Caminos y Puentes MCV-2015</i> (MOPT, 2015b)</p>
4.3. Vigas Diafragma	No se observaron daños.	0	1	Ninguna

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN	
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P16-2017	Página 22/67
		VERSIÓN 04

Tabla No. 5. Estado de conservación de la subestructura.

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
5.1. Apoyos en bastiones y pilas	<p>En el apoyo tipo <i>"Pot-Bearing"</i> del lado aguas abajo sobre el bastión 2 se observó oxidación y desprendimientos de la capa de protección contra la corrosión (ver figura 16). En el apoyo del lado aguas abajo sobre el bastión 1 también se encontró desprendimientos del sistema de protección contra la corrosión y oxidación, pero, con una extensión menor que en el apoyo del bastión 2.</p> <p>Alrededor de los apoyos se observaron sedimentos que evidencian el ingreso de agua a través de las juntas de expansión y por la descarga del sistema de drenaje de las juntas sobre los bastiones, lo cual, podría acelerar el deterioro de los apoyos.</p>	1	3	<p>Establecer un programa de mantenimiento periódico para los apoyos tipo <i>"Pot-Bearing"</i>. Procurar la asesoría del fabricante. En el Anexo B se incluye el Manual de Instalación, Inspección y Mantenimiento de los apoyos tipo <i>"Pot-Bearing"</i> o de disco confinado, publicado por el fabricante de los apoyos (FIP Industrial, 2013).</p> <p>Incluir en este programa de mantenimiento procedimientos para proteger las superficies metálicas de los apoyos aplicando un sistema de protección contra la corrosión.</p> <p>Ver recomendaciones en 3.3. Juntas de Expansión.</p>
5.2. Bastiones	<p>Se encontraron manchas de humedad en las paredes del cabezal de los bastiones.</p> <p>La junta entre la ménsula ubicada sobre la pared del cabezal del bastión y la superficie de rodamiento del acceso, había perdido los angulares de acero colocadas como protección del borde de la ménsula, sin embargo, esto se atendió colocando un material bituminoso (Ver observaciones en 3.4 y figura 8).</p>	0	1	<p>Ver recomendación en 3.3 juntas de expansión.</p> <p>Monitorear en próximas inspecciones la condición de la junta entre la ménsula ubicada sobre la pared del cabezal de los bastiones y la superficie de rueda de los accesos, verificando que la medida de atención brindada no permita desprendimientos de concreto en los bordes de la junta.</p>

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN	
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P16-2017	Página 23/67
		VERSIÓN 04

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

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
5.3. Aletones	No se observaron deficiencias.	0	1	Ninguna
5.4. Pilas (viga cabezal, cuerpo)	No se tuvo acceso visual directo a las pilas. Observadas desde los bastiones a una distancia de aproximadamente 80 m, no se observan daños evidentes.	NI	NI	Ninguna
5.5. Cimentaciones (pilas y bastiones)	No se tuvo acceso visual a las cimentaciones ya que se encuentran enterradas	NI	NI	Ninguna

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

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
6.1. Longitud de asiento en bastiones y pilas	La longitud de asiento disponible en los bastiones es mayor que la longitud de asiento mínima requerida, de acuerdo con el artículo 4.7.4.4 de AASHTO LRFD (AASHTO, 2014) Las pilas están vinculadas por conexiones rígidas a la superestructura, por lo que no se requiere verificación de longitud de asiento.	0	1	Ninguna
6.2. Dispositivos para prevención de colapso (llaves de corte, cadenas, anclajes, aislamiento sísmico)	El puente posee llaves de corte en los bastiones, en las cuales no se observaron daños.	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-P16-2017	Página 24/67	VERSIÓN 04

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

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
6.3. Protección de taludes de relleno	No se observaron daños en los taludes de los rellenos de aproximación.	0	1	Ninguna
6.4. Protección de taludes frente al bastión	Los taludes frente a los bastiones se observaron con erosión debido a un mal manejo de agua de escorrentía que descarga desde los accesos. En el talud frente al bastión 1 se observó socavación de la protección de concreto (ver figura 17).	2	3	<p>Valorar la posibilidad de extender la protección frente a los bastiones para evitar la erosión por escorrentía superficial.</p> <p>Seguir en donde aplique los procedimientos descritos en el <i>Manual de Conservación de Carreteras, Caminos y Puentes MCV-2015</i> (MOPT, 2015b)</p>
6.5. Protección de socavación en pilas	No se tuvo acceso visual.	NI	NI	Ninguna
6.6. Cauce del río	El cauce del río se encuentra en un cañón profundo. No se observaron evidencias de desalineamiento del cauce.	NA	NA	Ninguna

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444	
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P16-2017	Página 25/67	VERSIÓN 04



Figura 1. Guardavías del acceso 2 al costado aguas abajo sin tornillos de anclaje



Figura 2. Demarcación horizontal en estado regular, ausencia de algunos captaluces, bordillo de seguridad de 0,90 m y acumulación de sedimentos en bordillos

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN	
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P16-2017	Página 26/67
		VERSIÓN 04



Figura 3. Ausencia de ductos de salida para el sistema de drenaje del puente.



(a) Junta de expansión 1



(b) Junta de expansión 2

Figura 4. Juntas de expansión del puente. Nótese en la junta 2: faltante de elemento y sedimentos que sobresalen en la parte superior.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN	Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P16-2017	Página 27/67



(a) Junta de expansión 1



(b) Junta de expansión 2

Figura 5. Acumulación de sedimentos y basura dentro de sistemas de drenaje internos de las juntas de expansión.



Figura 6. Descarga del ducto de drenaje de las juntas en la zona detrás de la viga cajón y manchas de humedad en la pared del cabezal del bastión 2.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN	Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P16-2017	Página 28/67



Figura 7. Acumulación de sedimentos en la zona detrás de la viga cajón y manchas de humedad en la pared del cabezal del bastión 2.



Figura 8. Junta entre ménsula ubicada sobre los bastiones y superficie de rodamiento asfáltica con angular de protección desprendido y atendida con la aplicación de material bituminoso.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P16-2017	Página 29/67	VERSIÓN 04



Acceso 1



Acceso 2

Figura 9. Pulimiento y desprendimientos de agregados de la carpeta asfáltica de ambos accesos.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN	Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P16-2017	Página 30/67



Figura 10. Grietas en sentido paralelo a la dirección del tránsito en cara superior del tablero.



(a) Grietas en dos direcciones cerca de la junta de expansión 1



(b) Grietas en dos direcciones ubicadas cerca del centro del puente

Figura 11. Grietas en dos direcciones en la cara superior del tablero de concreto.

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P16-2017	Página 31/67	VERSIÓN 04

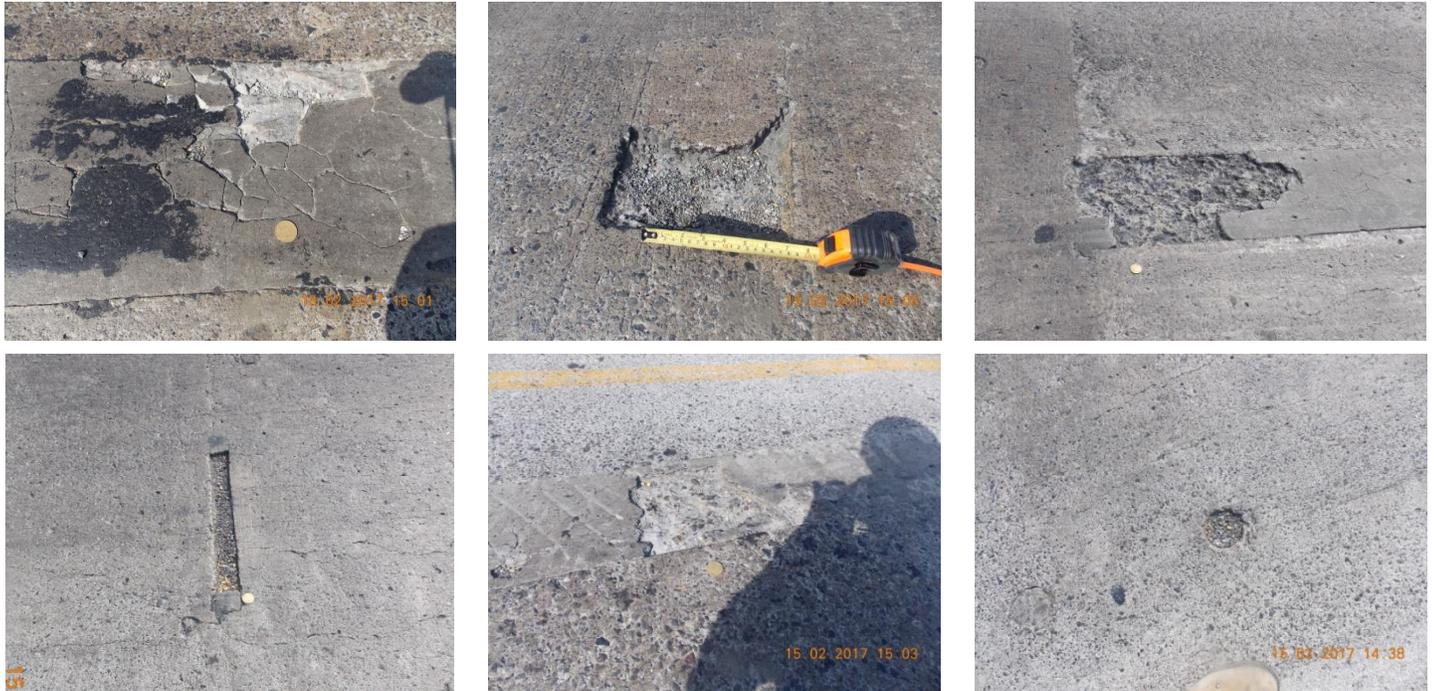


Figura 12. Desprendimientos de concreto en la cara superior del tablero.



Figura 13. Grietas con eflorescencia 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-P16-2017	Página 32/67



(a) Pared del costado aguas abajo del cajón cerca del bastión 1



(b) Pared del costado aguas arriba del cajón cerca del bastión 2

Figura 14. Grietas en las paredes de las dovelas de los extremos del cajón cerca de los bastiones.



Figura 15. Desprendimiento de concreto con acero expuesto en la cara externa de la pared del costado aguas arriba del cajón de concreto.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P16-2017	Página 33/67	VERSIÓN 04



Figura 16. Oxidación y desprendimiento de pintura en el apoyo del lado aguas abajo sobre el bastión 2.



Figura 17. Erosión del talud frente al bastión 1 y socavación de la protección por mal manejo de agua de escorrentía.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P16-2017	Página 34/67	VERSIÓN 04

6. COMPARACIÓN DE LA CONDICIÓN ACTUAL DEL PUENTE RESPECTO A LA REPORTADA EN INFORMES DE EVALUACIÓN ANTERIORES

El puente sobre el río Concepción en la Ruta Nacional No. 27 ha sido evaluado anteriormente por el LanammeUCR. En la Tabla No. 7 se presenta el listado de los informes de evaluación que han sido preparados previamente así como el presente documento.

Tabla No. 7. Listado de informes de evaluación de los puentes utilizados para las evaluaciones históricas de la condición del puente sobre el río Concepción

Identificación de Informe	Fecha de evaluación en sitio	Fecha de emisión del informe
LM-PI-UP-PC03-2012	28-NOV-2011	Enero, 2012
INF-PI-UGERVN-14-2014	12-ENE-2015	Marzo, 2015
INF-PI-UGERVN-05-2016	01-FEB-2016	Mayo, 2016
LM-PIE-UP-P16-2017 (este informe)	15-FEB-2017	Setiembre, 2017

Para determinar si los deterioros observados durante la evaluación visual efectuada el día 15 de febrero del 2017 (ver Tablas No.2 a No.6) son recientes o si los detectados previamente se mantienen, empeoraron o fueron corregidos, se decide realizar una comparación entre la condición del puente al día de la evaluación y la reportada en estos informes previos.

La comparación se realiza a partir de los resultados numéricos obtenidos al utilizar la metodología desarrollada en el informe LM-PI-UP-05-2015 (Muñoz-Barrantes, et. al., 2015), la cual se resume en el Anexo A. En el caso del informe actual, se utilizan los resultados de las Tablas No.2 a No.6 y resumidas en la figura A.2. Para los informes de evaluaciones anteriores, se utilizan las observaciones y conclusiones allí presentadas, así como las fotografías que se guardan en el archivo del puente que posee la Unidad de Puentes del PIE - LanammeUCR, con el objetivo de llevar a cabo una equivalencia en el grado de deficiencia (GD) y la condición evaluada (CE). En la Tabla No. 8 se muestra la comparación entre evaluaciones.

Informe LM-PIE-UP-P16-2017	Setiembre, 2017	Página 34 de 67
----------------------------	-----------------	-----------------

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN	
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P16-2017	Página 35/67
		VERSIÓN 04

Tabla No. 8. Comparación entre evaluaciones históricas del puente sobre el río Concepción

INFORME		LM-PI-UP-PC03-2012		INF-PI-UGERVN-14-2014		INF-PI-UGERVN-05-2016		LM-PIE-UP-P##-2017	
AÑO DE EVALUACIÓN		2012		2015		2016		2017	
ELEMENTOS		GD	CE	GD	CE	GD	CE	GD	CE
SEGURIDAD VIAL	Barrera vehicular (puente)	0	1	NI	NI	NI	NI	1	2
	Barrera vehicular (accesos)	1	1	3	3	3	3	2	2
	Aceras	0	1	NI	NI	NI	NI	0	1
	Señalización Vial	1	1	NI	NI	NI	NI	2	2
	Rotulación Carga/Altura Máxima	NI	NI	NI	NI	NI	NI	0	1
	Iluminación	0	1	NI	NI	NI	NI	0	1
ACCESORIOS	Superficie de rodamiento (puente)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	Sistema de drenaje del puente	1	1	NI	NI	NI	NI	1	1
	Juntas de expansión	1	1	1	1	1	1	2	2
ACCESOS	Superficie de rodamiento (acceso)	1	1	0	1	1	1	1	1
	Relleno de aproximación	NI	NI	NI	NI	NI	NI	0	1
	Losa de aproximación	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI
	Muros de contención en accesos	NI	NI	NI	NI	NI	NI	0	1
SUPER-TRUCTURA TIPO CAJÓN	Tablero	1	3	NI	NI	NI	NI	1	3
	Cajón de concreto	0	1	1	3	1	3	1	3
	Vigas diafragma de concreto	NI	NI	NI	NI	NI	NI	0	1
	Sistema de arriostramiento	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
SUBES-TRUCTURA	Apoyos	1	3	1	3	1	3	1	3
	Aletones	0	1	NI	NI	NI	NI	0	1
	Bastiones: Viga cabezal	0	1	NI	NI	NI	NI	0	1
	Bastiones: Cimentación	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI
	Pilas: Viga cabezal	0	1	NI	NI	NI	NI	0	1
	Pilas: Cuerpo tipo muro o marco con pantalla	0	1	NI	NI	NI	NI	0	1
	Pila: Cimentación	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI
ELEMENTOS DE PROTECCIÓN SÍSMICA	Longitud de asiento (pedestales)	NI	NI	NI	NI	NI	NI	0	1
	Llaves de corte	NI	NI	NI	NI	NI	NI	0	1
	Cadenas/ anclajes/ postensión externa	NI	NI	NI	NI	NI	NI	0	1
	Dispositivos especiales	NI	NI	NI	NI	NI	NI	0	1
ELEMENTOS DE PROTECCIÓN HIDRÁULICA	Protección de taludes de rellenos	0	1	NI	NI	NI	NI	0	1
	Protección de taludes frente a bastiones	NI	NI	NI	NI	NI	NI	2	3
	Protección de socavación en pilas	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI

SIMBOLOGÍA: GD: Grado de deficiencia. Valores entre 0 y 3. Ver Anexo A
 CE: Condición Evaluada del elemento. Valores entre 1 y 6. Ver Anexo A
 NI: Elemento no inspeccionado
 NA: Elemento no forma parte 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-P16-2017	Página 36/67	VERSIÓN 04

De los grados de condición mostrados en la Tabla No. 8 se detallan a continuación las siguientes observaciones:

1. En los años 2015 y 2016 se observó faltante de elementos en el sistema de contención que representa un riesgo de accidentes de tránsito por salida de vía. En la evaluación actual no se encontraron faltantes, lo que demuestra que este aspecto fue atendido; sin embargo, aún quedan aspectos por atender que se detallan en el punto 2.2 de la tabla No. 2 de este informe.
2. El sistema de drenaje de las juntas de expansión todavía descarga sobre los bastiones y está obstruido por sedimentos. Esta condición se observó desde la primera evaluación del 2012. En la evaluación realizada en este informe también se encontró un faltante de un elemento de la junta. El sistema de drenaje de la junta se extendió según se puede comparar en las fotografías del 2014 y del 2017; sin embargo, la medida no fue efectiva, ya que el sistema de drenaje de ambas juntas todavía descarga sobre los bastiones. Además, aparentemente no se han limpiado los sedimentos del sistema de drenaje de las juntas. (Ver punto 3.3 de la tabla No. 3)
3. El angular de protección de la junta entre la losa sobre los bastiones y la carpeta asfáltica de los accesos no se sustituyó y en su lugar se colocó un material bituminoso. Esta condición se mantiene (ver punto 3.4 tabla No. 3). Este elemento se evaluó en la superficie de rodamiento de los accesos, aunque en los primeros informes se consideró como parte de la losa de aproximación, ya que no se tenían los planos de la estructura. En estos planos se puede observar que los angulares de protección son parte de la losa sobre el bastión y no de la losa de aproximación del puente, la cual, se encuentra enterrada bajo el acceso.
4. La condición de agrietamiento y desprendimientos de concreto en los puntos donde se encuentran reparaciones se mantiene (Ver tabla No. 4) y no ha mejorado en ninguna de las evaluaciones realizadas.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P16-2017	Página 37/67	VERSIÓN 04

5. El desprendimiento de concreto con acero de refuerzo expuesto de la pared del cajón de concreto al costado aguas arriba cerca del bastión 2 se observó desde la evaluación realizada en el año 2014 y no se ha reparado.
6. La oxidación y desprendimientos de pintura en los apoyos han avanzado desde la primera evaluación pero no han llegado a provocar pérdida de sección (Ver punto 5.1 de la tabla No. 5).
7. Hasta esta evaluación se menciona la socavación en la protección de concreto frente al bastión 1.

Por lo tanto, se evidencia que desde la primera evaluación que se efectuó, no se han realizado medidas corrección o estas no fueron efectivas. Por esta razón, se brindan las recomendaciones contenidas en las Tablas No. 2 a No. 6 como ayuda para la atención de las deficiencias encontradas en los elementos.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este informe se presentan las observaciones realizadas durante la evaluación visual de la condición del puente río Concepción ubicado en la Ruta Nacional No. 27 (Carretera José María Castro Madriz). Las Tablas No. 2 a No. 6 resumen la condición de deterioro del puente y proveen algunas recomendaciones generales.

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

CATEGORÍA	CONDICIÓN	DESCRIPCIÓN	
		Integridad Estructural y Seguridad Vial	Necesidad de Atención
3	DEFICIENTE	Deficiencia importante 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

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P16-2017	Página 38/67	VERSIÓN 04

La calificación anterior se brinda por lo siguiente:

- a. Agrietamiento en dirección paralela a la dirección del tránsito ubicado a lo largo de todo el puente, agrietamiento en dos direcciones disperso en varios puntos ubicados cerca de la línea de centro del puente y desprendimientos de concreto dispersos en varios puntos de la superficie superior de la losa.
- b. Grietas con eflorescencia en varios puntos de la superficie inferior de la losa.
- c. Grietas diagonales y desprendimiento de concreto con acero de refuerzo expuesto en las paredes verticales del cajón de concreto en los extremos cercanos a los bastiones.
- d. Oxidación y desprendimientos de la capa de protección de pintura de los apoyos.
- e. Socavación de la protección de concreto frente al bastión 1

Además, se observó lo siguiente:

- f. Obstrucción del sistema de drenaje de las juntas de expansión, y descarga de este sistema directamente sobre los bastiones. Además, de manchas de humedad en la pared del cabezal de ambos bastiones.
- g. Faltante de elementos de acero en la junta de expansión 2.
- h. Barrera vehicular que podría no cumplir con los requisitos para el nivel de contención estipulado en AASHTO LRFD (2014)
- i. Faltante y corrosión de pernos de conexión de guardavías. Además, de detalles de conexión que parecen no ser adecuados para contener vehículos.
- j. Descarga directa de los ductos de drenaje de la superestructura sobre la cara exterior de las paredes del cajón de concreto.

Informe LM-PIE-UP-P16-2017	Setiembre, 2017	Página 38 de 67
----------------------------	-----------------	-----------------

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P16-2017	Página 39/67	VERSIÓN 04

k. Demarcación en estado regular (Zamora-Rojas et al, 2012) y ausencia de algunos captaluces en línea de centro y de borde.

Las deficiencias de los puntos a, c, d y f fueron reportadas en los informes LM-PI-UP-PC03-2012, INF-PI-UGERVN-14-2014 y INF-PI-UGERVN-05-2016, según se detalla en el capítulo 6 de este informe. Por lo tanto, se evidencia que desde la primera evaluación que se efectuó, no se han realizado medidas corrección o estas no fueron efectivas.

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

1. Evaluar la capacidad de carga viva de la superestructura utilizando la metodología LRFR descrita en el Manual AASHTO para Evaluación de puentes (AASHTO, 2011).
2. Realizar un programa de inspección detallada del puente para evaluar lo siguiente:
 - a. Las condiciones de durabilidad y de capacidad estructural del tablero de concreto para determinar las posibles causas de las deficiencias observadas y recomendar las medidas de reparación requeridas.
 - b. Evaluar las condiciones de durabilidad y capacidad estructural de los cables de post-tensión de continuidad del puente.
3. Establecer un programa de mantenimiento periódico para los apoyos tipo "*Pot-Bearing*". Procurar la asesoría del fabricante. En el Anexo B se incluye el Manual de Instalación, Inspección y Mantenimiento de los apoyos tipo "Pot-Bearing" o de disco confinado, publicado por el fabricante de los apoyos (FIP Industriale, 2013). Incluir en este programa de mantenimiento procedimientos para proteger las superficies metálicas de los apoyos aplicando un sistema de protección contra la corrosión.
4. Revisar si la barrera vehicular cumple con las fuerzas del capítulo 13 de AASHTO LRFD (AASHTO, 2014) para el nivel de contención TL-4 como mínimo. Si el sistema no cumple con las fuerzas de diseño, evaluar la posibilidad de establecer un programa de rehabilitación del puente donde se incluya la rehabilitación o la sustitución de la barrera

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P16-2017	Página 40/67	VERSIÓN 04

vehicular por un sistema que haya sido probado para un nivel de contención TL-4, según las disposiciones de AASHTO LRFD.

5. Establecer un programa de mantenimiento del puente siguiendo en donde aplique los procedimientos descritos en el Manual de Conservación de Carreteras, Caminos y Puentes MCV-2015 (MOPT, 2015b) donde se incluya lo siguiente:
 - a. Extender el sistema de drenaje de las juntas de expansión de manera que descargue fuera de los bastiones.
 - b. Reponer la pieza faltante en la junta de expansión 2, eliminando el material presente para anclar adecuadamente la nueva pieza que se colocará. Consultar las especificaciones de la junta de expansión en los planos de diseño del puente.
 - c. Extender la protección frente a los bastiones para evitar la erosión por escorrentía superficial.
 - d. Limpiar todos los elementos del puente, poniendo especial atención en juntas de expansión, apoyos, sistema de drenaje del puente y los accesos.
 - e. Atender las deficiencias de la superficie de ruedo de ambos accesos.
 - f. Brindar mantenimiento a la demarcación horizontal y señalización del puente y los accesos. Para la colocación de captaluces seguir lo indicado en la *Guía para colocación de captaluces* (MOPT, 2013)
 - g. Revisar si los detalles de conexión de los guardavías al sistema de contención vehicular del puente están conforme a las recomendaciones del fabricante del sistema y a las disposiciones del *Manual SCV: Guía para el análisis y diseño de seguridad vial de márgenes de carretera* (Valverde, 2011).

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.

Informe LM-PIE-UP-P16-2017	Setiembre, 2017	Página 40 de 67
----------------------------	-----------------	-----------------

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P16-2017	Página 41/67	VERSIÓN 04

8. REFERENCIAS

1. AASHTO (2011). *Manual for Bridge Evaluation*. 2nd Edition (with 2011, 2013, 2014, 2015, and 2016 Interim Revisions). American Association of State Highway and Transportation Officials. Washington, D.C., USA.
2. AASHTO (2014). *LRFD Bridge Design Specifications*. 7th Edition (with 2015 and 2016 Interim Revisions). American Association of State Highway and Transportation Officials. Washington, D.C., USA.
3. FIP Industriale (2013). *Installation, Inspection and Maintenance Manual for the PTFE-Steel Pot Bearings*. FIP Industriale: Padua, Italia.
4. MOPT (2013). *Guía para colocación de captaluces*. Dirección General de Ingeniería de Tránsito. Departamento de Señalamiento Vial. Ministerio de Obras Públicas y Transportes. San José, Costa Rica.
5. MOPT (2015a). *Anuario de Información de Tránsito 2015*. Dirección de Planificación Sectorial. Unidad de Estudios de Tráfico e Investigación. Ministerio de Obras Públicas y Transportes. San José, Costa Rica.
6. MOPT (2015b). *Manual de especificaciones generales para la conservación de carreteras, caminos y puentes MCV-2015*. Ministerio de Obras Públicas y Transportes. San José, Costa Rica.
7. Muñoz-Barrantes, J., Vargas-Alas, L. G., Vargas-Barrantes, S., Agüero-Barrantes, P., Villalobos-Vega, E., Barrantes-Jiménez, R., Loría-Salazar, L.G. (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. Quirós-Serrano, C., Castillo-Barahona, R, Loría-Salazar, L.G. (2012). *Inspección del puente sobre el río Ciruelas Ruta Nacional No. 27 LM-PI-PC01-2012*. San José, Costa Rica: Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA), LanammeUCR.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P16-2017	Página 42/67	VERSIÓN 04

9. Valverde, C., Garro, J.F., Naranjo, R., Ruiz, P., Villalobos, E., Barrantes-Jiménez, R., Loría-Salazar, G. (2015). *Informe de Evaluación del Proyecto San José – Caldera Ruta Nacional 27, Año 2014 - 2015 INF-PI-UGERVN-14-2014*. San José, Costa Rica: Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA), LanammeUCR.
10. Valverde, C., Garro, J.F., Naranjo, R., Ruiz, P., Villalobos, E., Barrantes-Jiménez, R., Loría-Salazar, G. (2016). *Informe de Evaluación del Proyecto San José – Caldera Ruta Nacional 27, Año 2015 - 2016 INF-PI-UGERVN-05-2016*. San José, Costa Rica: Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA), LanammeUCR.
11. 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.
12. 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-P16-2017	Página 43/67	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-P16-2017	Página 44/67	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-P16-2017	Página 45/67	VERSIÓN 04

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

El procedimiento de evaluación considera las siguientes variables:

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

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P16-2017	Página 46/67	VERSIÓN 04

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

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

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

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

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

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

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

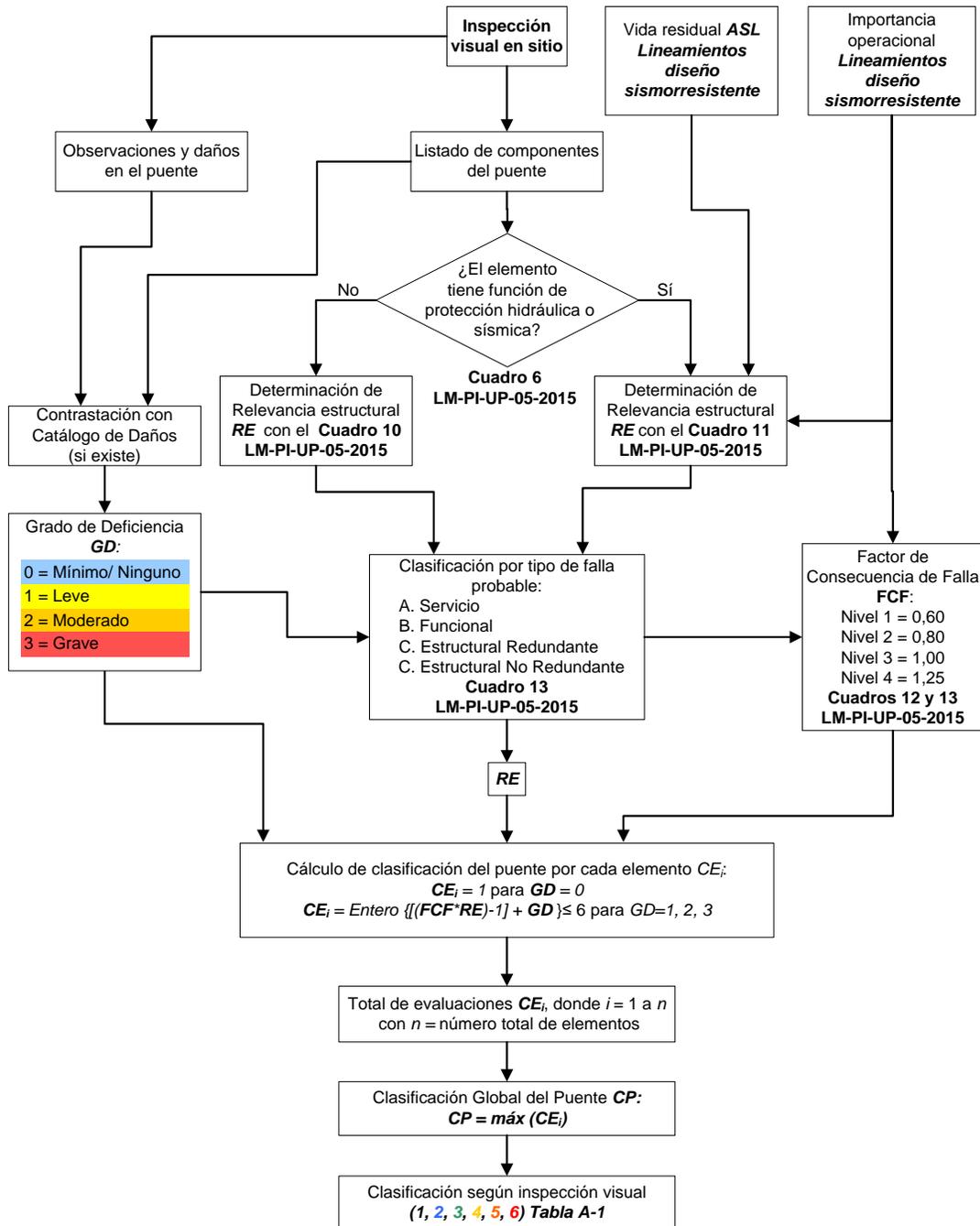


Figura A-1. Diagrama de flujo con metodología para calificar cualitativamente la condición del puente de acuerdo con informe LM-PI-UP-05-2015

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN	Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P16-2017	Página 48/67

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

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

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN	
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P16-2017	Página 49/67
		VERSIÓN 04

 LanammeUCR		RC-451 Calificación de la condición del puente según la evaluación visual				Versión: 01 Página: 1/1	
Nombre del puente y Ruta	Puente Río Concepción Ruta Nacional No 27		Importancia Operacional (LDSP 2013)	Crítico			
Fecha Evaluación	15/2/2017		TPD (veh/día)	16457			
Año de construcción o diseño	2001		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. Punto 2.1.	B	0.8	2
	Barrera vehicular (accesos)	1	2	Tabla 2. Punto 2.2.	A	0.6	2
	Aceras	2	0	Tabla 2. Punto 2.3.	B	0.8	1
	Señalización Vial	1	2	Tabla 2. Punto 2.5.	A	0.6	2
	Rotulación Carga/Altura Máxima	1	0	Tabla 2. Punto 2.4.	A	0.6	1
	Iluminación	1	0	Tabla 2. Punto 2.6.	A	0.6	1
ACCESORIOS	Superficie de rodamiento (puente)	1	No Aplica	Tabla 3. Punto 3.1.	A	0.6	
	Sistema de drenaje del puente	1	1	Tabla 3. Punto 3.2.	A	0.6	1
	Juntas de expansión	1	2	Tabla 3. Punto 3.3.	A	0.6	2
ACCESOS	Superficie de rodamiento (acceso)	1	1	Tabla 3. Punto 3.4.	A	0.6	1
	Relleno de aproximación	2	0	Tabla 3. Punto 3.5.	B	0.8	1
	Losa de aproximación	2	No Insp.	Tabla 3. Punto 3.7.	B	0.8	
	Muros de contención en accesos	2	0	Tabla 3. Punto 3.6.	B	0.8	1
SUPERESTRUCTURA TIPO CAJÓN	Tablero	3	1	Tabla 4. Punto 4.1.	C	1	3
	Cajón de concreto	3	1	Tabla 4. Punto 4.2.	C	1	3
	Vigas diafragma de concreto	2	0	Tabla 4. Punto 4.3.	B	0.8	1
	Sistema de arriostamiento	2	No Aplica		B	0.8	
SUBESTRUCTURA	Apoyos	3	1	Tabla 5. Punto 5.1.	C	1	3
	Aletones	2	0	Tabla 5. Punto 5.3.	B	0.8	1
	Bastiones: Viga cabezal	3	0	Tabla 5. Punto 5.2.	C	1	1
	Bastiones: Cimentación	3	No Insp.	Tabla 5. Punto 5.5.	D	1	
	Pilas: Viga cabezal	3	0	Tabla 5. Punto 5.4.	C	1	1
	Pilas: Cuerpo tipo muro o marco con panta	3	0	Tabla 5. Punto 5.4.	C	1	1
	Pila: Cimentación	4	No Insp.	Tabla 5. Punto 5.5.	D	1	
ELEMENTOS DE PROTECCIÓN SÍSMICA	Longitud de asiento (pedestales)	2	0	Tabla 6. Punto 6.1.	C	1	1
	Llaves de corte	2	0	Tabla 6. Punto 6.2.	C	1	1
ELEMENTOS DE PROTECCIÓN HIDRÁULICA	Cadenas/ anclajes/ postensión externa	2	0	Tabla 6. Punto 6.2.	C	1	1
	Dispositivos especiales	2	0	Tabla 6. Punto 6.2.	C	1	1
ELEMENTOS DE PROTECCIÓN HIDRÁULICA	Protección de taludes de rellenos	2	0	Tabla 6. Punto 6.3.	C	1	1
	Protección de taludes frente a bastiones	2	2	Tabla 6. Punto 6.4.	C	1	3
	Protección de socavación en pilas	2	No Insp.	Tabla 6. Punto 6.5	C	1	
						CP =	3
							Condición Deficiente

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 EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P16-2017	Página 50/67	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-P16-2017	Página 51/67	VERSIÓN 04

ANEXO B

Manuales de instalación, inspección y mantenimiento los apoyos tipo “*Pot-Bearing*”.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P16-2017	Página 52/67	VERSIÓN 04

NOTA ACLARATORIA:

A continuación se presenta una lista con el nombre dado por el fabricante al manual y el número de páginas de la publicación.

Identificación dada en este informe al dispositivo	Nombre dado por el fabricante al manual de instalación, inspección y mantenimiento	Número de páginas
Apoyos tipo "Pot-Bearing"	Installation, Inspection and Maintenance Manual for the PTFE steel Pot Bearings	15

Los manuales de los dispositivos con que cuenta el puente sobre la quebrada Salitral se encuentran en idioma inglés. Los criterios y recomendaciones mencionados en cada uno de los manuales fueron elaborados y suministrados por el fabricante de los dispositivos y se presentan sin modificaciones.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN	Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P16-2017	Página 54/67

 FIP INDUSTRIALE <small>Via Scapacchio, 41 - 35030 SELVAZZANO DENTRO - PD - ITALY Internet: http://www.fip-group.it E-mail: fip@fip-group.it Tel: +39-049-8225511 Fax: +39-049-638567</small>	UFFICIO TECNICO	TP Rev. 0
	TECHNICAL DEPARTMENT	Page of 2 15

TABLE OF CONTENTS

1.0. - SCOPE	3
2.0. - TEMPORARY STORAGE PRIOR TO INSTALLATION	3
3.0. - HANDLING	4
4.0. - PRE-ADJUSTMENT	4
5.0. - PRELIMINARY CHECKS	5
6.0. - INSTALLATION	6
6.1 STEEL SUBSTRUCTURE	6
6.2 STEEL SUPERSTRUCTURE	6
7.0. - PLACEMENT IN SERVICE	6
8.0. - ROUTINE INSPECTION	7
8.1. - SEQUENCE OF OPERATIONS	8
8.2. - MEASURING INSPECTION TOOLS AND ANCILLARY EQUIPMENT	9
9.0. - DAMAGED PTFE REPLACEMENT	10
9.1. - SEQUENCE OF OPERATIONS	10
10.0. - BEARING REPLACEMENT	11
10.1. - SEQUENCE OF OPERATIONS	11
ANNEX 1: INSPECTION ACTIVITIES	12
ANNEX 2: MAINTENANCE ACTIVITIES	15

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN	Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P16-2017	Página 55/67

 FIP INDUSTRIALE <small>Via Scapacchiò, 41 - 35030 SELVAZZANO DENTRO - PD - ITALY Internet: http://www.fip-group.it E-mail: fip@fip-group.it Tel: +39-049-8225511 Fax: +39-049-638567</small>	UFFICIO TECNICO	TP Rev. 0
	TECHNICAL DEPARTMENT	Page of 3 15

1.0. - SCOPE

The purpose of this document is to describe storage, installation, inspection and maintenance activities for the PTFE-steel bearings supplied by FIP Industriale.

The sequence of operations described shall be carried out exactly in compliance with the listed priority.

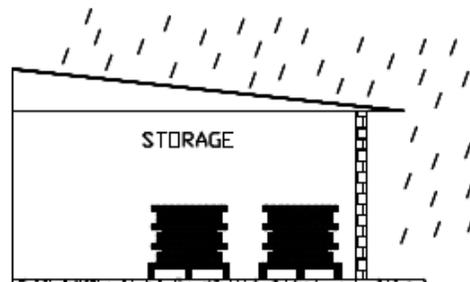
The operations undertaken for a substitution shall be decided and agreed with the FIP Industriale Technical Department and shall require adequate specifications.

2.0 - TEMPORARY STORAGE PRIOR TO INSTALLATION

Bearings are delivered fully assembled and ready to be installed as well as produced in conformance with the relevant drawings. Under service conditions, the bearings are protected against environmental agents by means of dust-cover protection gaskets.

In the event bearings are not immediately installed, it will be the responsibility of the Client to ensure that they are stored with care, i.e.: protected from dirt and grime, humidity, heat and any other type of damage.

The place of storage must therefore be under cover, clean and dry .



 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P16-2017		Página 56/67

 FIP INDUSTRIALE <small>Via Scapacchiò, 41 - 35030 SELVAZZANO DENTRO - PD - ITALY Internet: http://www.fip-group.it E-mail: fip@fip-group.it Tel: +39-049-8225511 Fax: +39-049-638567</small>	UFFICIO TECNICO	TP Rev. 0
	TECHNICAL DEPARTMENT	Page of 4 15

3.0 - HANDLING

The single component elements of the bearing are kept together by means of robust **yellow coloured** brackets. These brackets should never be used to temporarily block mobile bearings.

To move the bearings while still in their packing it will be necessary to use the pallets, suitably sling them and lift them by means of appropriate apparatus (i.e.: winch or crane, forklift truck, etc.).

Moving of single bearings, instead, must be accomplished by means of eyebolts appropriately screwed into the threaded holes in their upper plate.

4.0 - PRE-ADJUSTMENT

Pre-adjustment of sliding plate should be carried out in our workshops, under ideal conditions and by specialised technicians. Therefore should any pre-adjustment be necessary, instructions must be furnished to FIP by the Engineer of the structure prior to the manufacture of the bearings so as to permit the carry out this operation.

It is absolutely prohibited to modify or accomplish any pre-adjustment at the work site without the express authorisation of FIP Industriale's Engineering Department.

Informe LM-PIE-UP-P16-2017	Setiembre, 2017	Página 56 de 67
----------------------------	-----------------	-----------------

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P16-2017		Página 57/67

 FIP INDUSTRIALE <small>Via Scapacchio, 41 - 35030 SELVAZZANO DENTRO - PD - ITALY Internet: http://www.fip-group.it E-mail: fip@fip-group.it Tel: +39-049-8225511 Fax: +39-049-638567</small>	UFFICIO TECNICO	TP Rev. 0
	TECHNICAL DEPARTMENT	Page of 5 15

5.0 - PRELIMINARY CHECKS

First of all, the transportation brackets are to be checked to ensure that the fixing bolts have not been loosened by inappropriate handling during transport or unloading operations.

Bearings are not to be disassembled at the work site so that no dirt or grime can enter the sliding surfaces.

Each bearing is provided with rustproof indelible markings identifying all data, such as: name of manufacturer, type of bearing, maximum vertical and horizontal design loads, maximum design displacements, year of manufacture and any other information that may be required.

Prior to installation, the correspondence of the supplied data (the identifying marks and the main dimensions as height, width, and length) should be cross check with those shown in the drawings.

In addition, the alignment between the upper and lower plates must be checked; and in case the supply includes sliding bearings, the correspondence of the pre-adjustment values (when present) to those shown in the installation drawings must also be cross-checked.

Informe LM-PIE-UP-P16-2017	Setiembre, 2017	Página 57 de 67
----------------------------	-----------------	-----------------

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN	Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P16-2017	Página 58/67

 FIP INDUSTRIALE <small>Via Scapacchio, 41 - 35030 SELVAZZANO DENTRO - PD - ITALY Internet: http://www.fip-group.it E-mail: fip@fip-group.it Tel: +39-049-8225511 Fax: +39-049-638567</small>	UFFICIO TECNICO	TP Rev. 0
	TECHNICAL DEPARTMENT	Page of 6 15

6.0 - INSTALLATION

6.1 *Concrete substructure*

The bearing, fully assembled, will be moved to the correct location and connected to the lower steel structure by means of steel screws.

6.2 *Steel superstructure*

Steel superstructure is placed upon the upper steel element of the bearings and fixed by means of anchor pins and bolts.

7.0 - PLACEMENT IN SERVICE

7.1 Once the bearings are suitable anchored to the substructure and the girders, and after having placed the structures finishing trusses, it's the time to remove the yellow coloured transport brackets. In fact, the temporary blocking devices must be removed just before the bearings are placed in service, i.e.: just before the upper superstructure begins to move.

7.2 Immediately after the bearing are released, please make sure that the sliding index is in the design position.

7.3 The removal of moving brackets must take place only after having removed all the temporary connection bolts. It's a good idea to re-tighten all bolts in their respective threaded holes so as to ensure the maximum anti-corrosion protection of the latter. In fact, all the bolts used are zinc galvanised

7.4 The use of acetylene torches to remove moving brackets is absolutely prohibited.

Informe LM-PIE-UP-P16-2017	Setiembre, 2017	Página 58 de 67
----------------------------	-----------------	-----------------

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN	Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P16-2017	Página 59/67

 FIP INDUSTRIALE <small>Via Scapacchiò, 41 - 35030 SELVAZZANO DENTRO - PD - ITALY Internet: http://www.fip-group.it E-mail: fip@fip-group.it Tel: +39-049-8225511 Fax: +39-049-638567</small>	UFFICIO TECNICO	TP Rev. 0
	TECHNICAL DEPARTMENT	Page of 7 15

8.0. - ROUTINE INSPECTION

The Standards used as references for this report are listed below. In the case of outdated references, the latest edition of the publication shall apply.

EN 1337 Part 10 - Inspection and maintenance - 2004

Once the bearings have been put into function, an initial "zero" measurement shall be taken.

The inspection frequencies indicated in Annex 1 are for "Principal Inspection" activities. "Regular Inspections" should be carried out by the Maintenance Authority as and when possible as part of the other routine maintenance activities.

In the routine inspection the following properties shall be checked:

- * entity of the sliding gap (the PTFE protrusion, that is the clearance between the PTFE backing plate and the stainless steel, should be measured by means of gauge), and its uniformity over the perimeter of the PTFE sheet (if possible);
- * condition of the exposed sliding surfaces for vertical and horizontal loads (e.g.: irregularity of the sliding metal sheet, connection defects, damage of corrosion protection, etc.);
- * actual movement (reading by means of the bearing pointer scale)
- * planarity of sliding plate (by means of 2 axis level)
- * entity of rotation of upper elements (by means of gauge to measure the tilting clearance)
- * condition of the concrete under the bearing

The air temperature shall be measured in the midspan and on the centre line of the bearing by means of alcohol or mercury thermometer or similar and shall be recorded.

Informe LM-PIE-UP-P16-2017	Setiembre, 2017	Página 59 de 67
----------------------------	-----------------	-----------------

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN	Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P16-2017	Página 60/67

 FIP INDUSTRIALE <small>Via Scapacchio, 41 - 35030 SELVAZZANO DENTRO - PD - ITALY Internet: http://www.fip-group.it E-mail: fip@fip-group.it Tel: +39-049-8225511 Fax: +39-049-638567</small>	UFFICIO TECNICO	TP Rev. 0
	TECHNICAL DEPARTMENT	Page of 8 15

Any non-conformity encountered as part of either a "Principal" or "Regular" inspection should be dealt with as described in Annex 1. All inspections should be recorded, and in the case of a "progressive" defect, photographic records should be kept to enable the progression to be assessed.

Levels of acceptability of defects are shown in Annex 1; these are general defects that could be expected to occur in the lifetime of the components. Any non listed defect, or any excessive defect should be immediately reported to FIP Italy, who will give guidance on the necessary course of action.

8.1. - Sequence of Operations

- Visual inspection of the bearing general condition
- Inspection of the dust protection covers
- Inspection of the bearing displacement
- Inspection of the sliding surface planarity
- General cleanness of the bearing by means of alcohol and white paper sheets
- Inspection of bearing upper element rotation
- Inspection of PTFE protrusion in the sliding surface
- Inspection of the stainless steel sliding plate
- Recording of the collected data, temperature, time and date

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN	Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P16-2017	Página 61/67

 FIP INDUSTRIALE <small>Via Scapacchiò, 41 - 35030 SELVAZZANO DENTRO - PD - ITALY Internet: http://www.fip-group.it E-mail: fip@fip-group.it Tel: +39-049-8225511 Fax: +39-049-638567</small>	UFFICIO TECNICO	TP Rev. 0
	TECHNICAL DEPARTMENT	Page of 9 15

8.2. - Measuring Inspection Tools and Ancillary Equipment

- Plans and drawings, manuals, product specification, etc.
- Scaffolds and working platforms
- Lighting equipment
- Mirror
- Tools for removal of all covers
- Cleaning device
- 2 axis level; precision: 1 graduation = 0.6 mm/m
- Telescopic feeler gauge for measurement of tilting clearance
(field: 8-12.7 mm; 12.7-19 mm.; 19-32 mm.)
- Calliper, up to 150 mm. for the measurement of values taken with the telescopic feeler gauge
- Feeler gauges, comprising 20 blades, 300 mm. long, for the measurement of any protrusion
- Cutting ruler, 300 mm. and/or 500 mm. long, for measuring the sliding plate planarity
- Apparatus for measuring the protective layers thickness
- Temperature measuring instrument

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN	Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P16-2017	Página 62/67

 FIP INDUSTRIALE <small>Via Scapacchiò, 41 - 35030 SELVAZZANO DENTRO - PD - ITALY Internet: http://www.fip-group.it E-mail: fip@fip-group.it Tel: +39-049-8225511 Fax: +39-049-638567</small>	UFFICIO TECNICO	TP Rev. 0
	TECHNICAL DEPARTMENT	Page of 10 15

9.0. - DAMAGED PTFE REPLACEMENT

If for any reason PTFE has to be replaced, this can be achieved without removing the bearing.

Other elements may be replaced if damaged by a very severe combination of accidental loads (for instance: an earthquake, collision or other extreme events) by making the bearing accessible in the most suitable way for the operation.

9.1. - *Sequence of Operations*

- Install the uplifting device to lift up the structure and the upper element.
- Remove and substitute the damaged PTFE sheet.
- Lower the upper element onto the bearing.

Bearings with a central guide have two PTFE sheets to be replaced.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN	Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P16-2017	Página 63/67

 FIP INDUSTRIALE <small>Via Scapacchiò, 41 - 35030 SELVAZZANO DENTRO - PD - ITALY Internet: http://www.fip-group.it E-mail: fip@fip-group.it Tel: +39-049-8225511 Fax: +39-049-638567</small>	UFFICIO TECNICO	TP Rev.	0
	TECHNICAL DEPARTMENT	Page of	11 15

10.0. - BEARING REPLACEMENT

The whole bearing can be substituted with exception of the anchor dowels (cast in concrete). The substitution, necessary in the event of a severe permanent damage to the bearing, shall be decided and agreed with FIP Industriale Technical Department. The following procedure is the most usual for a bearing but it can be carried out in different ways.

10.1. - Sequence of Operations

- Fit the transportation brackets to hold the bearing.
- Remove the fixing bolts of the upper element to the superstructure.
- Install the lifting device to lift up the structure.
- Lifting the structure by at least the pin height.
- Remove the fixing pins of the base element to the anchoring dowels.
- Remove the bearing.
- Place the new bearing in the correct location and fix the lower pins.
- Lower the structure onto the bearing.
- Remove the transportation brackets. (Note that the transportation bolts may be released before, to ease the lowering of the structure).

Informe LM-PIE-UP-P16-2017	Setiembre, 2017	Página 63 de 67
----------------------------	-----------------	-----------------



INFORME DE EVALUACIÓN

CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P16-2017

Página 64/67

VERSIÓN 04

 Via Scapicchiò, 41 - 36100 SELVAZZANO DENTRO - PD. - ITALY Internet: http://www.fip-group.it E-mail: fip@fip-group.it Tel.: +39-049-8225511 Fax: +39-049-638567	UFFICIO TECNICO	TP Rev.	0
	TECHNICAL DEPARTMENT	Page of	12 15

ANNEX 1 : INSPECTION ACTIVITIES

WHAT TO INSPECT ?	FREQUENCY	WHAT TO LOOK FOR ?	SPECIAL EQUIPMENT	LEVEL OF ACCEPTABILITY	ACTIONS WHERE NCS FOUND	REMARKS
Protective cover where fitted	first inspection after one year, then every two years	Cover condition	Visual check	no major damage to the cover	replace damaged cover	
Sliding movement	first inspection after one year, then every two years	Movement indicators / relative positions between the top and bottom plates	Visual check / measuring tape	1) translation movements value according to bearing schedule 2) no major anomalies in the relative position	check with Owner technical dept.	contact FIP Italy if needed
rotation movement	first inspection after one year, then every two years	tilting clearance	Feeler gauge	No major discrepancies with angular movements shown in bearing schedule	check with Owner technical dept.	contact FIP Italy if needed
PTFE clearance (protrusion)	first inspection after one year, then every two years	Clearance between PTFE backing plate and stainless steel	Feeler gauge	To be greater than 0,5 mm	more frequent inspections	When clearance is almost zero, PTFE sheet must be replaced
Stainless steel sheet	first inspection after one year, then every two years	1) surface wrinkling 2) cleanliness	Visual check	1) no wrinkling 2) base dust acceptable, hardened deposit not acceptable	1) replace stainless steel 2) clean stainless steel	



LanammeUCR

Universidad de Costa Rica
Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales
LanammeUCR

INFORME DE EVALUACIÓN

Código:
RC-444

CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P16-2017

Página 65/67

VERSIÓN 04

 <p>FIP INDUSTRIALE Via Scapicchiò, 41 - 36080 SELVAZZANO DENTRO - PD. - ITALY Internet: http://www.fip-group.it E-mail: fip@fip-group.it Tel: +39-049-8225511 Fax: +39-049-638567</p>	<p>UFFICIO TECNICO</p>	<p>TP Rev. 0</p>
	<p>TECHNICAL DEPARTMENT</p>	<p>Page of 13 15</p>

WHAT TO INSPECT ?	FREQUENCY	WHAT TO LOOK FOR ?	SPECIAL EQUIPMENT	LEVEL OF ACCEPTABILITY	ACTIONS WHERE NCS FOUND	REMARKS
Corrosion protection	First inspection after one year, then every two years	rust stains	Visual check	extent of pinholes less than 5% of total surface area	paint touch-ups application	the aim should be to repair any corrosion protection before it has failed sufficiently to allow any substantial amount of corrosion to take place
Bolts and fixing	First inspection after one year, then every two years	Tightening of bolts (when required)	Spanner	no loose bolting	Re-fix / tighten bolt	any bolts or other form of anchorage should be checked to ensure that it has not become loose or otherwise inactive
Damage to steel parts	first inspection after one year, then every two years	distortion / any general damage	Visual check	no damage	1) repair/replace damaged parts 2) closer check of the structure for possible anomalies	all steel parts should be checked for any sign of distortion due to overload and for any other sign of damage
Condition of adjacent structural element	first inspection after one year, then every two years	bedding material cracks/settlements	Visual check		closer check of the structure for possible anomalies	in many cases the first indication that a bearing is malfunctioning, is the appearance of damage in an adjacent structure. Is therefore important for any bearing inspection to include the adjacent structure and its condition should be reported



LanammeUCR

Universidad de Costa Rica
Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales
LanammeUCR

INFORME DE EVALUACIÓN

Código:
RC-444

CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P16-2017

Página 66/67

VERSIÓN 04

 FIP INDUSTRIALE Via Scapicchiò, 41 - 36080 SELVAZZANO DENTRO - PD - ITALY Internet: http://www.fip-group.it E-mail: fip@fip-group.it Tel: +39-049-8225511 Fax: +39-049-638567	UFFICIO TECNICO TECHNICAL DEPARTMENT	TP Rev. 0
		Page of 14 15

WHAT TO INSPECT ?	FREQUENCY	WHAT TO LOOK FOR ?	SPECIAL EQUIPMENT	LEVEL OF ACCEPTABILITY	ACTIONS WHERE NCS FOUND	REMARKS
General	first inspection after one year, then every two years	Unexpected noise, dirt, etc.	visual check		closer check of the structure for possible anomalies	any condition of interest not covered by a specific heading should be reported. An unusual noise associated with the passage of traffic or otherwise is a particular example. Comments should also be made where these may assist in the interpretation of the report, or, when the next inspection is being made, will draw the attention of the inspector to possible points of weakness

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN	Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P16-2017	Página 67/67

 FIP INDUSTRIALE <small>Via Scapacchiò, 41 - 35030 SELVAZZANO DENTRO - PD - ITALY Internet: http://www.fip-group.it E-mail: fip@fip-group.it Tel: +39-049-8225511 Fax: +39-049-638567</small>	UFFICIO TECNICO	TP 143 Rev. 0
	TECHNICAL DEPARTMENT	Page 15 of 15

ANNEX 2: MAINTENANCE ACTIVITIES

All the activities reported in Annex 1 and below are to be applied under normal working conditions.

For unforeseen events please contact:

FIP INDUSTRIALE SpA
 Technical Department
 Via Scapacchiò, 41
 35030 Selvazzano D. (PD)
 ITALY
 Tel. 0039 49 8225511
 Fax 0039 49 638567
 E-mail fip@fip-group.it

for the necessary actions to be taken.

Usually bearings do not require regular maintenance.

For minor maintenance please refer to Annex 1 under "Action where NC found" column (NC = Non Conformity).

All maintenance activities should be reported to FIP.

Informe LM-PIE-UP-P16-2017	Setiembre, 2017	Página 67 de 67
----------------------------	-----------------	-----------------