

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P12-2017	Página 1/87	VERSIÓN 04

Programa de Ingeniería Estructural

Proyecto: LM-PIE-UP-P12-2017

EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PUENTE SOBRE LA QUEBRADA SALITRAL RUTA NACIONAL No. 27

Preparado por:
 Unidad de Puentes
 LanammeUCR



San José, Costa Rica
 Agosto, 2017

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P12-2017	Página 2/87	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-P12-2017	Página 3/87

Información técnica del documento

1. Informe: LM-PIE-UP-P12-2017		2. Copia No. 1	
3. Título y subtítulo: EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PUENTE SOBRE LA QUEBRADA SALITRAL RUTA NACIONAL No.27		4. Fecha del Informe Agosto, 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 la quebrada Salitral, 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 ALARMANTE. Por lo tanto, con el propósito de contribuir a la atención de la estructura evaluada se realizan recomendaciones generales relacionadas con cada aspecto evaluado en este informe.</i>			
8. Palabras clave Puentes, Concesión, Ruta Nacional No. 27, quebrada Salitral, Evaluación de condición.		9. Nivel de seguridad: Ninguno	10. Núm. de páginas 87
11. Inspección e informe por: Ing. Luis Guillermo Vargas Alas Unidad de Puentes	12. Revisado y aprobado 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		

 <p>LanammeUCR</p>	<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-P12-2017</p>	<p>Página 4/87</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-P12-2017	Página 5/87	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	43
7. REFERENCIAS.....	52
ANEXO A CRITERIOS PARA CLASIFICAR EL ESTADO DE CONSERVACIÓN DEL PUENTE.....	55

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P12-2017	Página 6/87	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-P12-2017	Página 7/87	VERSIÓN 04

1. INTRODUCCIÓN

Este informe de evaluación del puente sobre la quebrada Salitral, 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 13 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-P12-2017	Página 8/87	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 a 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 in situ 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-P12-2017	Página 9/87	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 21900 y cruza la quebrada Salitral. Desde el punto de vista administrativo, se ubica en el distrito Hacienda Vieja, del cantón de Orotina, en la provincia de Alajuela. Sus coordenadas, en el sistema geográfico de ubicación, corresponden con: 9°55'08.3"N de latitud y 84°28'52.2"O de longitud. La figura A muestra la ubicación geográfica del puente.

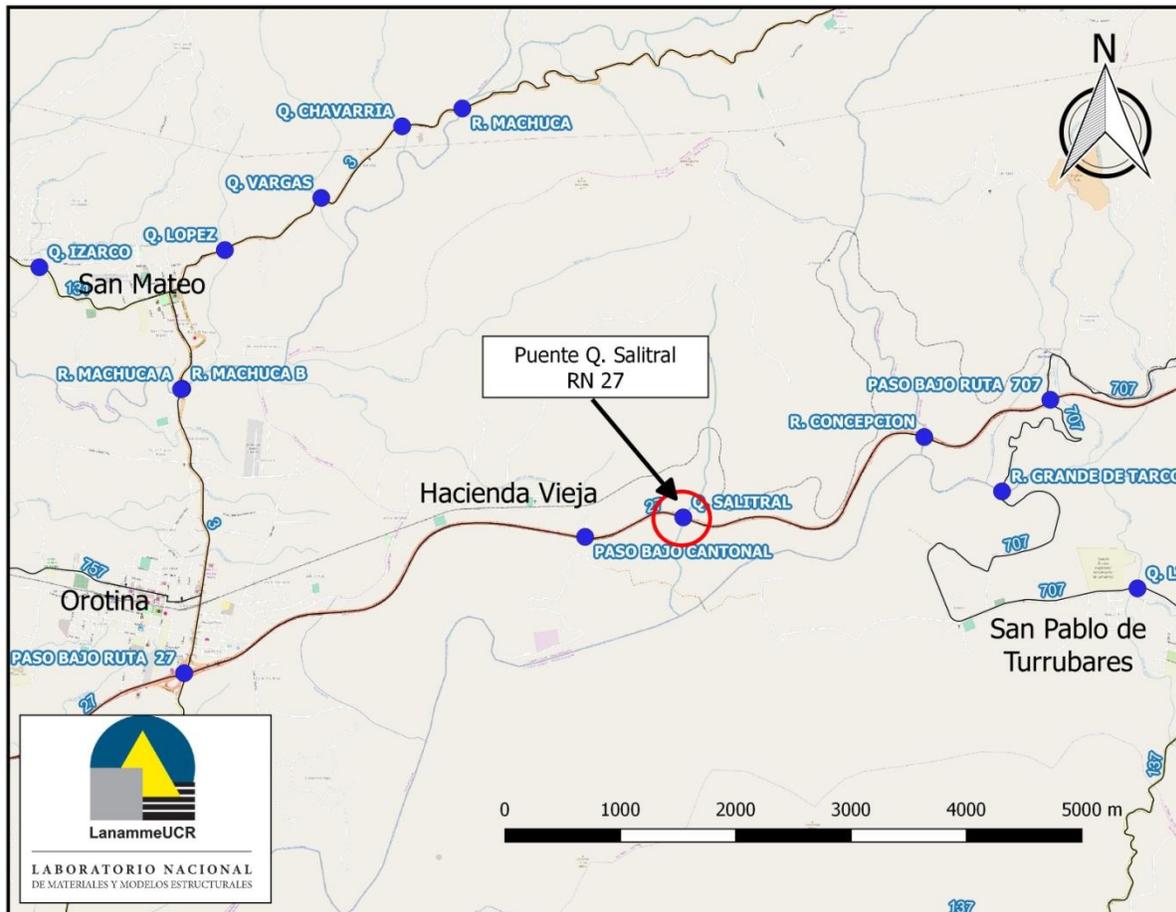


Figura A. Ubicación geográfica del puente (Adaptado de Open Street Maps, 2017).

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P12-2017	Página 10/87	VERSIÓN 04

La ruta clasifica como primaria y tiene un tránsito promedio diario de 16457 vehículos por día medido en el año 2012 en la sección de control donde se ubica el puente, según el Anuario de Tránsito 2015 (MOPT, 2015a), publicado por la Dirección de Planificación Sectorial del MOPT. Se debe indicar que el porcentaje de vehículos pesados es de 9,17% (1509 vehículos) y el 4,22% (694 vehículos) corresponde a camiones de 5 o más 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, se tuvo acceso a algunos 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		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P12-2017	Página 11/87	VERSIÓN 04



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



Figura C. Vista lateral

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P12-2017	Página 12/87

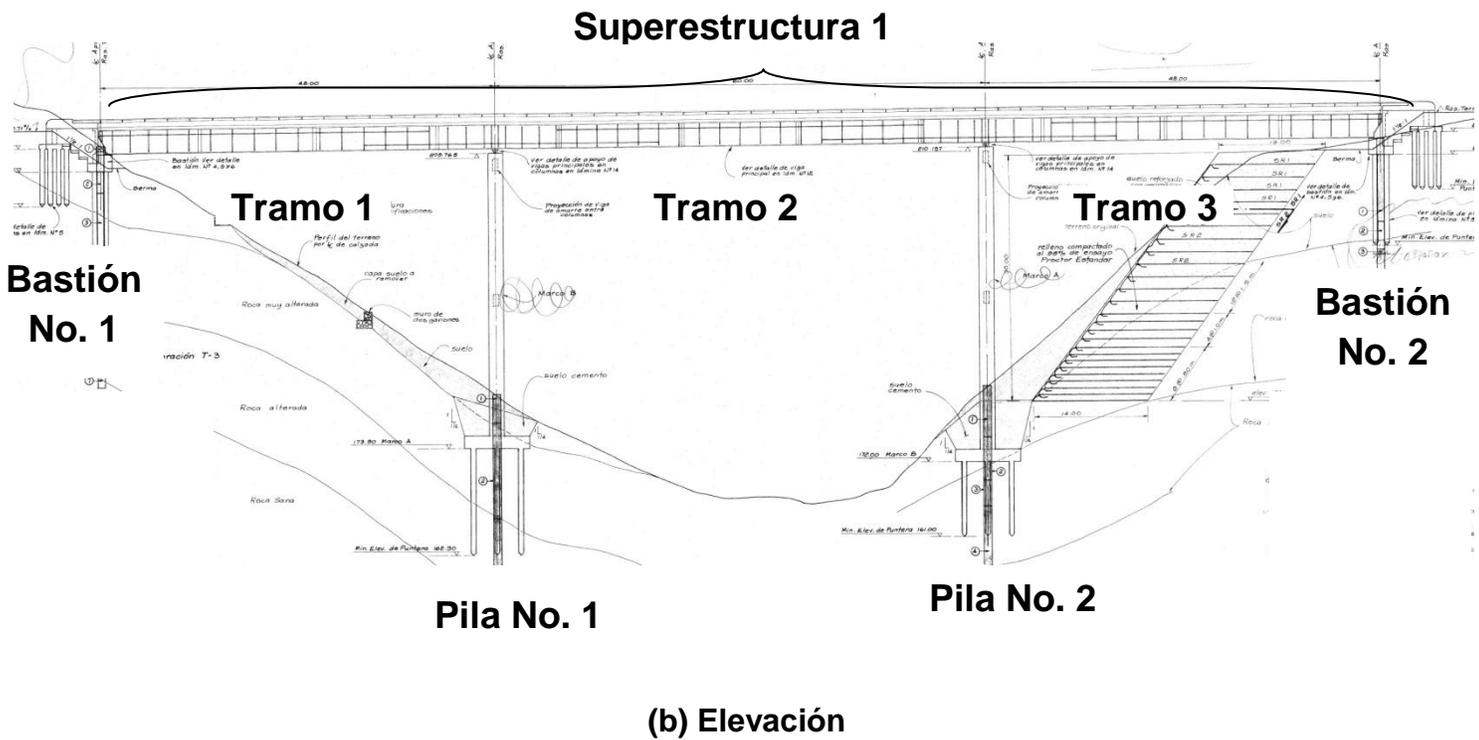
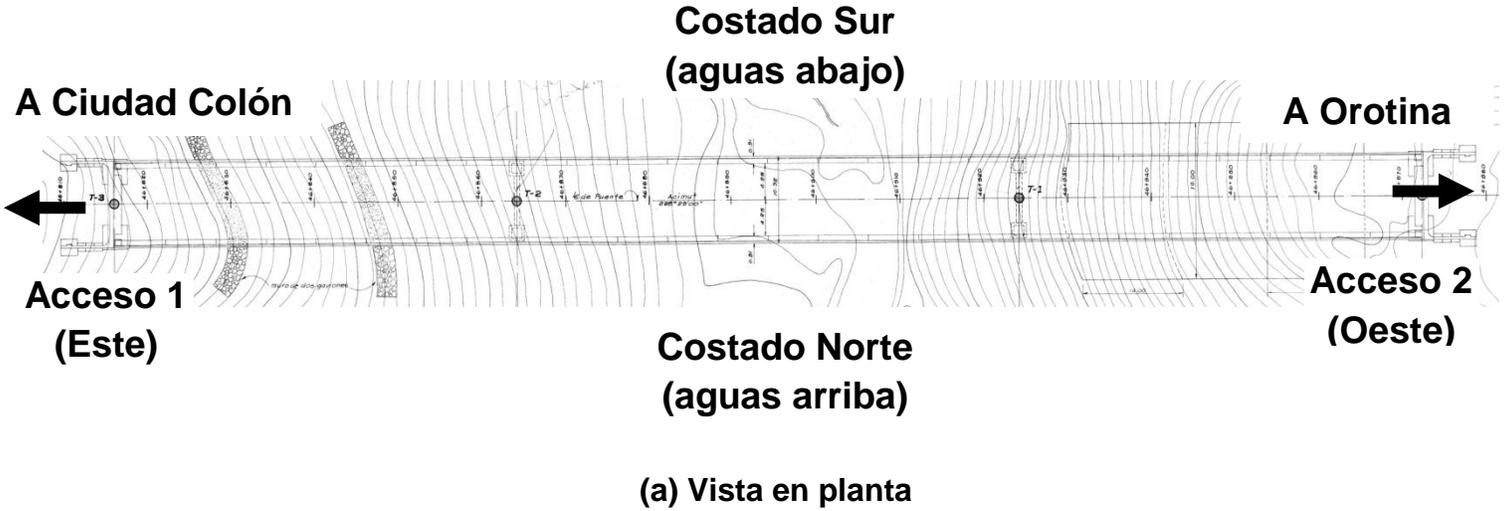


Figura D. Identificación utilizada para el puente sobre la quebrada Salitral.

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P12-2017	Página 13/87	VERSIÓN 04

Tabla No. 1. Características básicas del puente.

Geometría	Tipo de estructura	Puente
	Longitud total (m)	160
	Ancho total (m)	12,6
	Ancho de calzada (m)	9,82
	Número de tramos	3
	Alineación del puente	Recta
	Número de carriles	2
Superestructura	Número de superestructuras	1
	Tipo de superestructura (elementos principales)	Tipo viga con elementos principales tipo vigas I de acero
	Tipo de tablero	Losas de concreto reforzado
Apoyos	Tipo de apoyo en bastiones	Bastiones 1 y 2: apoyo expansivo en condición de servicio. En caso de sismo o vientos fuertes los shock-transmitters se activarían y estos convertirían los apoyos en rígidos.
	Tipo de apoyo en pilas	Pilas 1 y 2: apoyo fijo
Subestructura	Número de elementos	Bastiones: 2 Pilas: 2
	Tipo de bastiones	Bastiones 1 y 2: tipo cabezal sobre pilotes de concreto.
	Tipo de pilas	Pilas 1 y 2: tipo marco de concreto reforzado
	Tipo de cimentación	Bastiones 1 y 2: Pilotes de concreto Pilas 1 y 2: tipo placa sobre pilotes
Diseño y construcción	Año de diseño	1994
	Año de construcción	2001
	Especificación de diseño original	AASHTO Standard 1992 e Interim Specification 1993
	Carga viva de diseño original	HS20-44
	Año de reforzamiento/rehabilitación	No se tiene información
	Especificación utilizada para el reforzamiento/ rehabilitación	No se tiene información
	Carga viva de diseño utilizada para el reforzamiento/ rehabilitación	No se tiene información

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P12-2017	Página 14/87	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 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-P12-2017	Página 15/87	VERSIÓN 04

Tabla No. 2. Estado de la seguridad vial.

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
2.1. Sistema de contención vehicular del puente	<p>Se observaron deformaciones permanentes en la sección metálica, así como desprendimientos y acero de refuerzo expuesto en el parapeto de concreto, contiguo al remate de la barrera en el costado norte del acceso 2. Esta condición fue aparentemente provocada por impacto vehicular (ver figura 1).</p> <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 1992).</p> <p>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>	1	2	<p>Como parte de las labores de mantenimiento del puente: sustituir los elementos de acero deformados y reparar el desprendimiento de concreto de la barrera, rehabilitándolos a sus dimensiones y posición originales. Seguir, en donde apliquen, los procedimientos descritos en el Manual de Conservación de Carreteras, Caminos y Puentes MCV-2015 (MOPT, 2015b).</p> <p>Además, evaluar estructuralmente si la barrera vehicular: sección de acero y concreto, los detalles de anclaje a la losa, y el voladizo de la losa tienen capacidad para resistir los requisitos de diseño 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 AASHTO LRFD.</p>

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P12-2017	Página 16/87	VERSIÓN 04

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

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
2.2. Sistema de contención vehicular de los accesos	<p>No se encontraron guardavías en el costado norte del acceso 1. En su lugar se encontró una barrera de concreto que no se encuentra anclada al terreno (ver figura 2).</p> <p>Los sistemas de transición de los guardavías a la barrera rígida en el costado norte del acceso 2 y del costado sur del acceso 1 y del anclaje al suelo de la terminal abatida de los guardavías existentes en ambos accesos aparentan tener detalles que podrían no desempeñarse adecuadamente en un accidente de tránsito (ver detalles 2 y 3 en figura 3). Además, la terminal de anclaje de la transición del guardavía del costado sur del acceso 2 se encontró con deformaciones y sin pernos de anclaje a la barrera rígida (ver detalle 1 en figura 3).</p> <p>Adicionalmente, en el guardavía del costado sur del acceso 1 se encontraron postes empotrados en la superficie de concreto de la cuneta y en la carpeta asfáltica (ver detalle 4 en figura 3) Esta situación podría provocar que el sistema no contenga y no redirija adecuadamente los vehículos en un accidente de tránsito.</p>	2	2	<p>Colocar pernos en los lugares donde se han perdido y revisar si los detalles de transición de los guardavías al sistema de contención vehicular rígido del puente, las terminales de abatimiento y los empotramientos de los postes 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> <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-P12-2017	Página 17/87

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

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
2.3. Aceras y sus accesos	<p>El puente tiene un paso peatonal de 0,75 m de ancho, el cual, es menor que el ancho requerido por la Ley 7600 de 1,20 m.</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	<p>El puente cuenta con rótulos de identificación en ambos accesos.</p> <p>No se requieren rótulos de altura máxima y no se observaron rótulos que indiquen que el puente tiene una restricción de carga.</p>	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 horizontal del puente se encontraba en mal estado debido a que se observó borrosa (Zamora-Rojas et al., 2012) (ver figura 4).</p> <p>No se encontraron captaluces en la línea de centro y solamente se encontraron unos pocos en la línea de borde (ver figura 4).</p> <p>No se observaron marcadores de objeto frente a la barrera rígida del puente y frente a los terminales de abatimiento de los guardavías (ver figura 2 y Figura 3).</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 atención periódica al puente donde se incluya la colocación de marcadores de objeto frente a la barrera del puente y frente a los guardavías de los accesos e incluir el mantenimiento de la señalización horizontal.</p> <p>Seguir en donde aplique los procedimientos descritos en el Manual de Conservación de Carreteras, Caminos y Puentes MCV-2015 (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-P12-2017		Página 18/87

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

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
2.6. Iluminación	No hay iluminación en el puente ni en los accesos. La misma no se requiere, siempre que se brinde la demarcación adecuada.	0	1	Ninguna

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 de concreto del puente, la cual se evalúa en el punto 4.1 de la tabla No. 4.	NA	NA	Ver recomendaciones en el punto 4.1 de la tabla 4.
3.2. Bordillos y sistema de drenaje del puente	<p>Se observó acumulación de pocos sedimentos en los bordillos y en los ductos de drenaje que descargan hacia el paso peatonal (ver figura 4).</p> <p>Si se continúan acumulando más sedimentos en el bordillo puede causar encharcamientos sobre la calzada en condiciones lluviosas, los cuales, podrían provocar hidroneo en los vehículos y riesgo de accidentes de tránsito.</p>	1	1	<p>Establecer un programa de mantenimiento periódico del puente donde se incluya la limpieza de sedimentos de los bordillos y ductos de drenaje del puente.</p> <p>Seguir en donde aplique los procedimientos descritos en el Manual de Conservación de Carreteras, Caminos y Puentes MCV-2015 (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-P12-2017	Página 19/87

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>La junta de expansión 1 es discontinua y está compuesta de tres secciones distintas. El material de protección de los pernos de anclaje de la junta 1 en el costado aguas abajo se encontró desprendido, dejando pernos descubiertos. Algunos de estos pernos han perdido la tuerca de sujeción y otros sobresalen del agujero, lo cual podría provocar un accidente de tránsito (ver figura 5). Esta situación demuestra que la junta de expansión 1 ha sido sustituida por distintos tipos de juntas.</p> <p>El sello de la junta 1 no es continuo (ver Figura 5) y permite el ingreso de agua hacia los bastiones.</p> <p>Además, el sello se encontró agrietado en toda la junta de expansión 2 y al costado sur de la junta de expansión 1. En algunas zonas el sello se ha desprendido por completo (ver Detalle 2 en Figura 5 y Detalle 1 en Figura 6).</p> <p>En los bordes de la losa del puente contiguo la junta 1 se observó desprendimientos de concreto. En la junta 2 y en el costado sur de la junta 1 se encontraron desprendimientos del material colocado en ambos bordes de las juntas (ver Detalle 1 figura 5 y figura 6).</p> <p><i>(Continúa en la página siguiente)</i></p>	2	2	Sustituir las juntas de expansión del puente por un sistema de juntas de expansión impermeable acorde con los requerimientos de diseño y condiciones ambientales 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-P12-2017	Página 20/87

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 <i>(continuación)</i>	Se escucharon sonidos fuertes cuando pasaban las ruedas de los vehículos sobre la junta 1, lo que puede indicar movimientos en el elemento que podrían acelerar el deterioro.	2	2	Ver recomendaciones en la página anterior
3.4. Superficie de rodamiento de los accesos	La superficie de rodamiento asfáltica de ambos accesos se encontró con segregación de agregados (ver figura 7).	1	1	Establecer un programa de mantenimiento siguiendo en donde aplique los procedimientos descritos en el Manual de Conservación de Carreteras, Caminos y Puentes MCV-2015 (MOPT, 2015b) donde se incluya la atención a la superficie de rodamiento de los accesos.
3.5. Rellenos de aproximación y taludes de accesos	No se observaron daños en los rellenos de aproximación ni en los taludes de los rellenos.	0	1	Ninguna
3.6. Muros de retención de los accesos	No se observaron daños en el muro de gaviones ubicado al costado sur del bastión 1.	0	1	Ninguna
3.7. Losa de aproximación	Se observaron grietas orientadas principalmente de forma paralela a la dirección del tránsito en las losas de aproximación de ambos accesos, con ancho de grietas entre 0,3 mm y 1,0 mm, espaciadas a menos de 0,50 m. En algunos puntos se observaron grietas en dos direcciones aparentemente poco profundas con anchos entre 0,3 mm y 1,0 mm espaciadas a menos de 100 mm (ver figura 8).	1	2	Determinar las causas del agrietamiento observado para determinar las medidas de reparación requeridas, siguiendo en donde aplique los procedimientos descritos en el Manual de Conservación de Carreteras, Caminos y Puentes MCV-2015 (MOPT, 2015b).

Informe LM-PIE-UP-P12-2017	Agosto, 2017	Página 20 de 87
----------------------------	--------------	-----------------

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN	Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P12-2017	Página 21/87

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

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
3.8. Sistema de drenaje de los accesos	Los sistemas de drenaje del acceso 1 descargan directamente sobre el bastión 1, lo cual puede provocar erosión de los taludes contiguos al bastión (ver figura 1).	NA	NA	Reubicar la salida del sistema de drenaje del acceso 1 para que descargue alejado de la estructura del puente Establecer un programa de mantenimiento periódico donde se incluya la limpieza del sistema de drenaje de los accesos.
3.9. Vibración	Se percibieron vibraciones fuertes.	NA	NA	Ver recomendaciones para la superestructura del puente en los puntos 4.2 Tablero y 4.3 Vigas principales de acero.

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

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
4.1. Tablero (losa de concreto).	Todas las juntas de construcción ubicadas entre los paños de losa se encontraron abiertas y con desprendimientos de concreto en los bordes de la losa adyacentes a las mismas juntas de construcción. En algunos casos estos desprendimientos han progresado hasta producir agujeros de todo el espesor de la losa, dejando expuesto el acero de refuerzo superior, que además, se encontró fracturado (ver figura 9). La junta de construcción con mayor daño se ubica a aproximadamente 33 m de la junta de expansión 1. <i>(Continúa en la página siguiente)</i>	3	5	Intervenir <u>de inmediato</u> la losa de concreto. Para ello, realizar una evaluación detallada para determinar las condiciones de durabilidad y de capacidad estructural de la losa para establecer la extensión, la severidad y las posibles causas de cada una de las deficiencias observadas, y recomendar si la losa debe ser sustituida o puede ser rehabilitada acorde con su nivel de deterioro.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN	
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P12-2017	Página 22/87 VERSIÓN 04

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

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
4.1. Tablero (losa de concreto). <i>(Continua- ción)</i>	<i>(Continúa de la página anterior)</i> Como medida de atención se evidenció que se ha adoptado la colocación de mezcla asfáltica sobre los agujeros, lo cual, se considera una práctica inadecuada ya que no restituye la capacidad disminuida de la losa por los agujeros de todo el espesor y permite el ingreso de agua y sustancias contaminantes que podrían corroer el acero de refuerzo (AASHTO, 2007). Además, en la cara superior de la losa de concreto del puente se encontraron grietas en dos direcciones. Estas grietas tienen ancho mayor que 1,0 mm y espaciadas a menos de 0,50 m. El agrietamiento se observó en los tramos centrales de la losa y en los tramos de los extremos contiguos a las juntas de expansión (ver figura 10). Adicionalmente, en la cara inferior de los extremos de losa contiguos a las juntas de expansión, también se observaron grietas en el sentido paralelo a la dirección del tránsito, con ancho mayor que 0,40 mm y espaciadas a menos de 0,30 m (ver figura 12). <i>(Continúa en la página siguiente)</i>	3	5	Ver recomendaciones en la página anterior.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN	
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P12-2017	Página 23/87
		VERSIÓN 04

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

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
4.1. Tablero (losa de concreto). <i>(Continúa-ción)</i>	<i>(Continúa de la página anterior)</i> No se tuvo acceso visual a la cara inferior de los tramos centrales losa del puente debido a que tiene una lámina metálica. En algunas zonas de la lámina sobre las vigas principales y vigas de piso del puente se encontraron manchas blancas producto del ingreso de agua a través de las grietas de la losa. En los voladizos de losa a los costados del puente se encontró una mayor extensión de manchas blancas que podrían también ser producto del transporte de agua que ingresa desde la acera del puente dentro de la lámina metálica (ver figura 11).	3	5	Ver recomendaciones en la página 21.
4.2. Vigas principales de acero	Se observó pérdida de sección leve, localizada en la zona cercana a los apoyos debido al constante contacto con agua y sedimentos en esta zona de la viga principal (ver figura 13). Además, se observó corrosión en el alma de las vigas principales cerca las alas, producto de los residuos que expulsan los murciélagos que se posan en esos puntos. <i>(Continúa en la página siguiente)</i>	1	3	Evaluar la capacidad de carga viva de la superestructura utilizando la metodología LRFR descrita en el Manual AASHTO para Evaluación de puentes (AASHTO, 2011) Limpiar las zonas de la viga principal en contacto con agua, sedimentos y residuos que expulsan los murciélagos. Proteger contra la corrosión con un sistema de pintura las zonas de las vigas cercanas a las juntas de expansión. Se recomienda preparar la superficie y pintar al menos 3 m de vigas desde el extremo contiguo a ambas juntas de expansión. <i>(Continúa en la página siguiente)</i>

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P12-2017	Página 24/87	VERSIÓN 04

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

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
4.3. Vigas principales de acero <i>(continua-ción)</i>	<i>(Continúa de la página anterior)</i> Las vigas principales son de acero resistente a la corrosión atmosférica, por esta razón tienen una capa de óxido. Sin embargo, al estar en contacto con agua u otras sustancias y no tener otra protección más que la capa de óxido se puede iniciar el proceso de pérdida de sección, que podría llevar a la reducción de la capacidad de las vigas.	1	3	<i>(Continúa de la página anterior)</i> Seguir las recomendaciones para impermeabilizar las juntas de expansión en 3.3, las recomendaciones para el sistema de drenaje de la superestructura en 3.2 y para el sistema de drenaje de los accesos en 3.8
4.4. Vigas de piso de acero	No se observaron deficiencias en las vigas de piso paralelas y perpendiculares a las vigas principales.	0	1	Ninguna
4.5. Sistema de arriostramiento	No se observaron deficiencias en los marcos arriostrados de acero ni en el arriostramiento horizontal inferior.	0	1	Proteger contra la corrosión con un sistema de pintura los sistemas de arriostramiento cercanos a las juntas de expansión. Se recomienda preparar la superficie y pintar al menos los sistemas de arriostramiento dentro de los 3 m desde el extremo contiguo a ambas juntas de expansión.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P12-2017	Página 25/87	VERSIÓN 04

Tabla No. 5. Estado de conservación de la subestructura

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
5.1. Apoyos en bastiones y pilas	<p>Se observó desprendimiento del sistema de pintura de los apoyos tipo “PTFE pot bearing” sobre los bastiones y corrosión en el acero que ha quedado sin protección (ver figura 15). Se destaca el desprendimiento del sistema de protección en la cara inferior de la placa que está en contacto con las vigas principales (Ver figura 15 (a)), lo cual, puede producir desprendimientos de la superficie deslizante del apoyo, que también está unida a esta placa.</p> <p>Los pernos de unión de las vigas principales a los apoyos se encuentran corroídos debido al constante contacto con agua (ver figura 13)</p> <p>Además se encontraron sedimentos alrededor de los apoyos y polvo adherido a la cara inferior de la placa que está unida a las vigas en todos los apoyos (ver figura 15).</p> <p>No se tuvo acceso directo a los apoyos sobre las pilas, sin embargo, si se pudieron observar a la distancia y no se encontraron daños evidentes.</p>	1	3	<p>Realizar una inspección detallada de los apoyos tipo “PTFE pot bearing” sobre los bastiones para evaluar las condiciones de durabilidad y la capacidad estructural. Además, incluir actividades básicas de conservación siguiendo las pautas brindadas en el manual de mantenimiento del fabricante (FIP Industriale, 2013b) (Ver manual en el Anexo B de este informe) como limpieza y protección contra la corrosión de los apoyos. Procurar la asesoría del fabricante de los apoyos.</p> <p>También realizar una inspección detallada y con métodos de acceso a los apoyos de las pilas que incluya limpieza.</p>

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN	
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P12-2017	Página 26/87
		VERSIÓN 04

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

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
5.2. Bastiones	<p>Se observaron grietas verticales y horizontales en la pared del cabezal de ambos bastiones. Las grietas tienen anchos mayores que 0,50 mm. Además, están espaciadas a más de 1,50 m (ver figura 16).</p> <p>Además en el extremo superior de la pared del cabezal en el costado sur del bastión se encontraron desprendimientos de concreto y acero de refuerzo expuesto (ver figura 17).</p> <p>La pared del cabezal se encontró con cubierta en menos del 10% del área por manchas de humedad. Si el agua ingresa por las grietas podría iniciar un proceso de corrosión del acero de refuerzo de la pared del cabezal del bastión.</p>	1	3	<p>Seguir las recomendaciones brindadas para impermeabilizar las juntas de expansión en el punto 3.3.</p> <p>Dar seguimiento en próximas inspecciones a las grietas de los bastiones con el fin de verificar si el ancho de grietas aumenta o si aparece mayor densidad de grietas en el elemento.</p> <p>Posteriormente, reparar las grietas con un sistema de inyección, que considere el movimiento de la grieta, siguiendo en donde aplique los procedimientos descritos en el <i>Manual de Conservación de Carreteras, Caminos y Puentes MCV-2015</i> (MOPT, 2015b).</p>
5.3. Aletones	No se observaron daños	0	1	Ninguna
5.4. Pilas (cuerpo tipo marco)	No se tuvo acceso visual directo a las pilas. Sin embargo, se lograron observar a la distancia y se observaron manchas de humedad en la viga de acople superior de la pila 2 (ver figura 20). En este punto no hay juntas de expansión, por lo cual, la mancha aparenta ser producto de agua que ingresa a través de la losa del puente, posiblemente por uno de los agujeros en una de las juntas de construcción (ver punto 4.1)	0	1	<p>Dar seguimiento en próximas evaluaciones a las observaciones realizadas para determinar si es necesario tomar acciones.</p> <p>Ver recomendaciones para la losa del puente en el punto 4.1.</p>

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P12-2017		Página 27/87 VERSIÓN 04

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

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
5.5. Cimentaciones (pilas y bastiones)	No se tuvo acceso visual a las cimentaciones de pilas y bastiones.	NI	NI	Ninguna

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

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
6.1. Longitud de asiento en bastiones y pilas	<p>La longitud de asiento disponible en ambos bastiones es de 1400 mm, la cual es mayor que la longitud de asiento requerida por el artículo 4.7.4.4 de las especificaciones AASHTO LRFD (2014) de 1108 mm.</p> <p>Además, el puente tiene dispositivos “<i>Shock-Transmitters</i>”, los cuales, son dispositivos para prevención de colapso ante eventos sísmicos. (Ver punto 6.2.)</p> <p>La superestructura está vinculada por apoyos fijos a las pilas, por lo que no se requiere verificación de longitud de asiento.</p>	0	1	Seguir las recomendaciones que se brindan en el punto 6.2 para mantenimiento de los dispositivos “ <i>Shock-Transmitters</i> ”.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P12-2017	Página 28/87	VERSIÓN 04

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

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
6.2. Dispositivos para prevención de colapso (llaves de corte, "Shock-Transmitters")	<p>El puente tiene en los bastiones dispositivos "Shock-Transmitters", los cuales, aparentemente no han recibido mantenimiento oportuno.</p> <p>Todos los dispositivos se encontraron protegidos por un cobertor metálico. Sin embargo, se verificó que dentro del cobertor los dispositivos se encuentran en contacto con polvo y basura. Además, uno de los dispositivos "Shock-Transmitters" tenía desprendido un elemento que está relacionado con el flujo de aceite dentro del sistema. Esto podría significar que ese dispositivo podría no funcionar según como se diseñó (Ver figura 18).</p> <p>Los cobertores metálicos de todos los dispositivos presentaban corrosión en varios puntos (ver figura 19)</p> <p>No se observaron daños en las llaves de corte de los bastiones.</p>	2	3	<p>Realizar una inspección detallada de los dispositivos "Shock-Transmitters" que se encuentran sobre los bastiones para evaluar las condiciones de durabilidad y su funcionamiento de acuerdo a las condiciones de diseño. Además, incluir actividades básicas de conservación siguiendo las pautas brindadas en el manual de mantenimiento del fabricante (FIP Industriale, 2013a) (Ver manual en el Anexo B de este informe) como limpieza y protección contra la corrosión.</p> <p>Procurar la asesoría del fabricante para todo el proceso de inspección y mantenimiento de los dispositivos "Shock-Transmitters".</p>
6.3. Protección de taludes de relleno	<p>No se observaron protecciones en los taludes del relleno de aproximación y los taludes a los costados de los bastiones no estaban erosionados.</p>	0	1	<p>Evaluar la posibilidad de construir protecciones contra la erosión de los taludes a los costados de los bastiones y a los costados de los rellenos de aproximación, siguiendo en donde aplique los procedimientos descritos en el <i>Manual de Conservación de Carreteras, Caminos y Puentes MCV-2015</i> (MOPT, 2015b).</p>

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P12-2017	Página 29/87	VERSIÓN 04

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

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
6.4. Protección de taludes frente al bastión	No se observaron protecciones en los taludes frente a los bastiones. Estos taludes no se encontraron erosionados y se encuentran lejos del cauce del río.	0	1	Ninguna
6.5. Protección de socavación en pilas	Las pilas del puente se encuentran en las márgenes del río y podrían interactuar con éste en caso de una crecida. Se tuvo acceso visual desde la distancia a la base de la pila 1 y no se observaron señales de erosión. No se tuvo acceso visual a la base de la pila 2.	0	1	Ninguna
6.6. Cauce del río	El cauce del río es un cañón profundo por lo que no fue posible observar las márgenes. No se observaron evidencias de desalineamiento del cauce.	NA	NA	Ninguna

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P12-2017	Página 30/87	VERSIÓN 04



Figura 1. Deformación de la sección de acero, desprendimiento de concreto y acero de refuerzo expuesto en barrera vehicular del costado norte.



Figura 2. Ausencia de guardavías y barrera de concreto sin anclar al suelo. Sistema de drenaje del acceso 1 que descarga directamente sobre el puente.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P12-2017	Página 31/87	VERSIÓN 04



Figura 3. Detalles de guardavías que podrían no desempeñarse adecuadamente en un accidente de tránsito.



Figura 4. Demarcación borrosa en mal estado (Zamora-Rojas, 2012), sedimentos en bordillos y paso peatonal que no cumple con ancho de la ley 7600.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444	
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P12-2017	Página 32/87	VERSIÓN 04

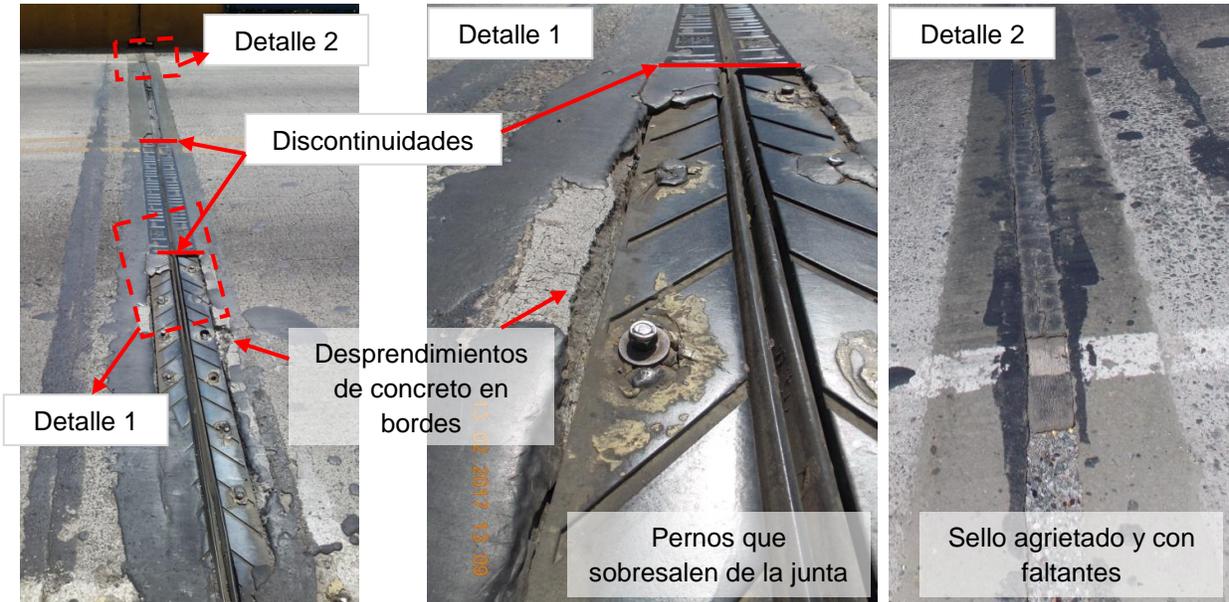


Figura 5. Junta de expansión 1 discontinua compuesta de tres secciones, con pernos que sobresalen de la junta, desprendimientos de concreto en los bordes y agrietamiento del sello.

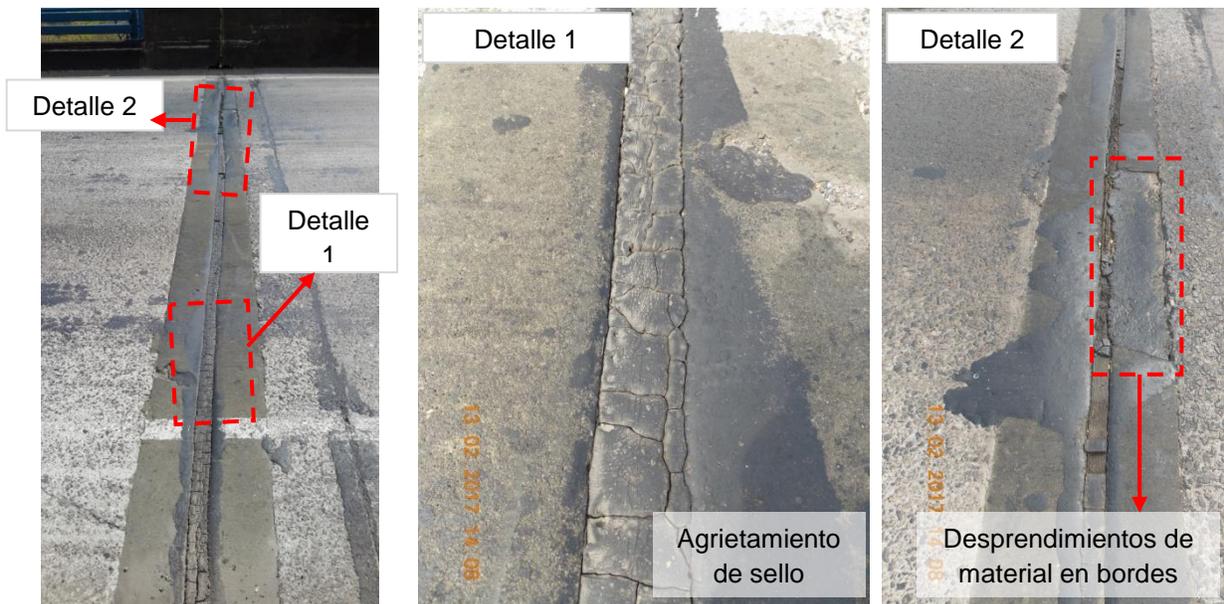


Figura 6. Junta de expansión 2 con desprendimientos de material cementicio en los bordes y agrietamiento del sello.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN	Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P12-2017	Página 33/87



(a) Acceso 1



(b) Acceso 2

Figura 7. Segregación de agregado en la superficie de rodamiento asfáltica de los accesos.



(a) Losa de aproximación del acceso 1



(b) Losa de aproximación del acceso 2

Figura 8. Grietas en dirección paralela al tránsito y en dos direcciones en losas de aproximación 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-P12-2017	Página 34/87



Figura 9. Juntas de construcción abiertas con desprendimientos de concreto, agujeros de todo el espesor y acero de refuerzo expuesto y fracturado.

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P12-2017	Página 35/87	VERSIÓN 04



(a) Grietas sobre el extremo de la losa contiguo a la junta de expansión 1 (ver [figura 12](#))



(b) Grietas sobre uno de los paños centrales de la losa del puente

Figura 10. Agrietamiento en dos direcciones en la cara superior de la losa.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN	
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P12-2017	Página 36/87
		VERSIÓN 04



(a) Voladizo a los costados de la losa



(b) Tramo entre vigas de piso de la losa

Figura 11. Manchas blancas en las láminas de acero colocadas en la cara inferior de la losa

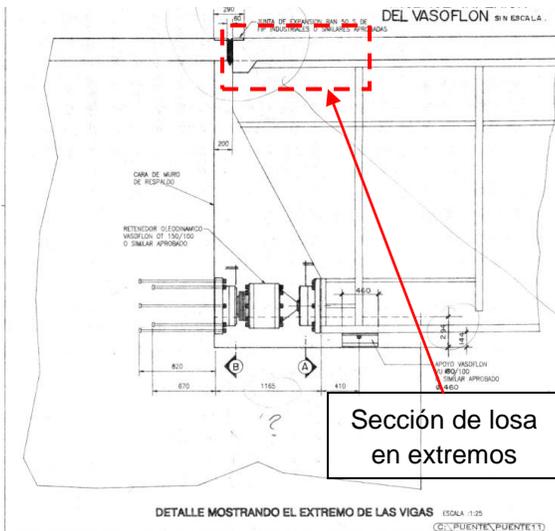


Figura 12. Grietas en los extremos de la losa del puente cerca de las juntas de expansión

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P12-2017	Página 37/87

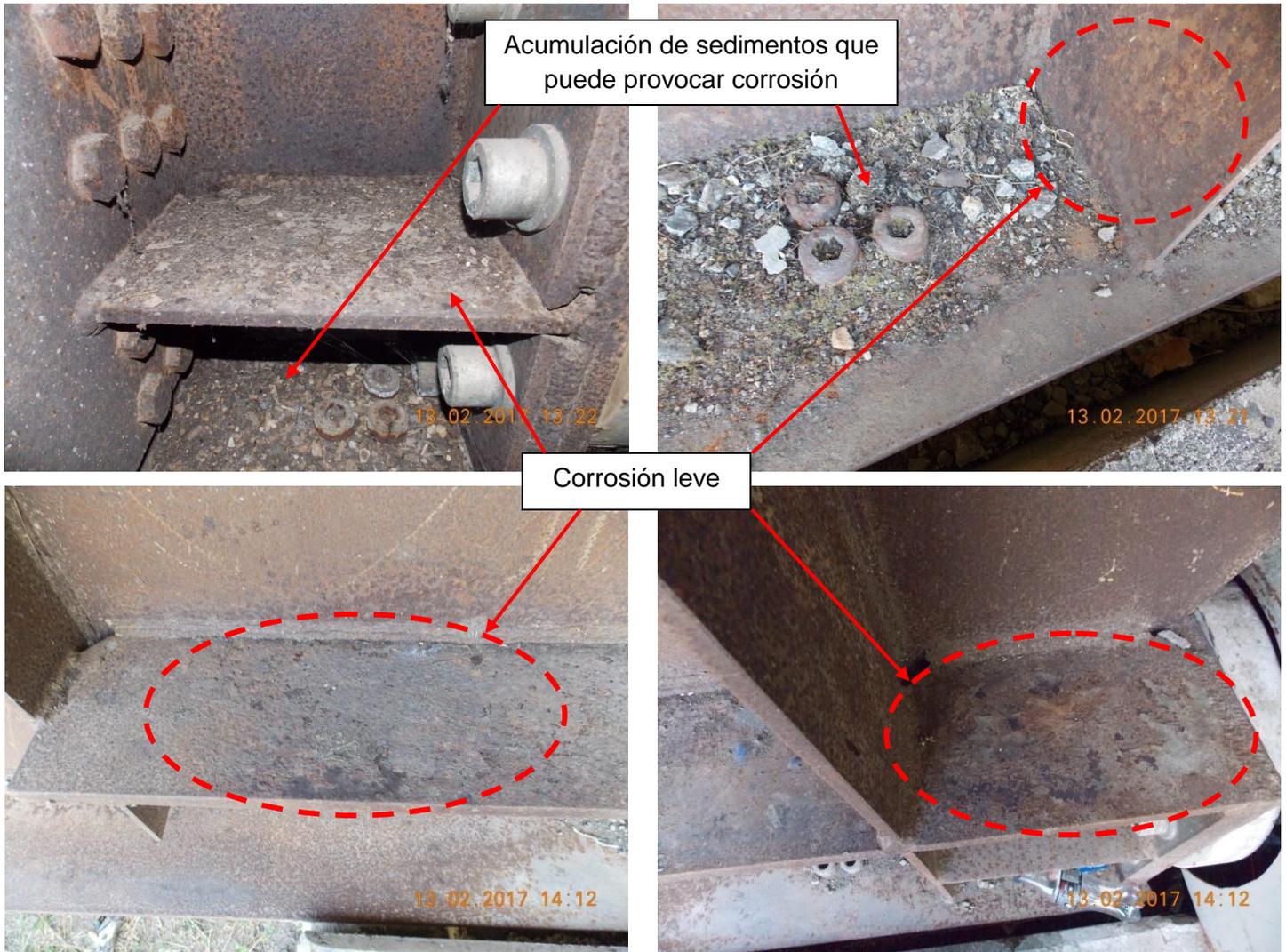


Figura 13. Corrosión leve y acumulación de sedimentos en los extremos de las vigas principales. Nótese también, la corrosión de los pernos de unión de los apoyos a la viga principal.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P12-2017	Página 38/87	VERSIÓN 04



Figura 14. Corrosión leve en la parte superior del alma de las vigas principales debido a residuos que expulsan los murciélagos.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P12-2017	Página 39/87	VERSIÓN 04

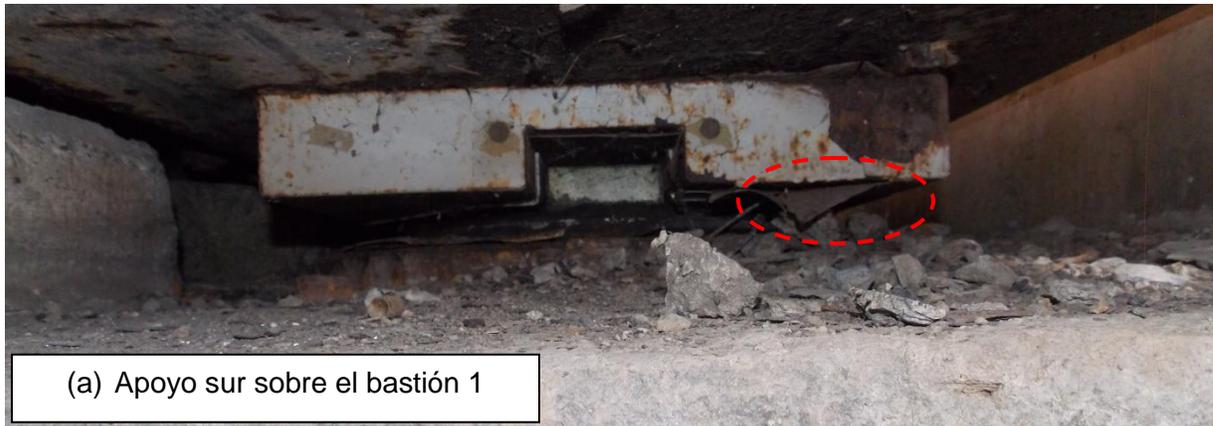


Figura 15. Desprendimiento del sistema de protección de pintura y corrosión del acero que ha quedado sin protección.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444	
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P12-2017	Página 40/87	VERSIÓN 04

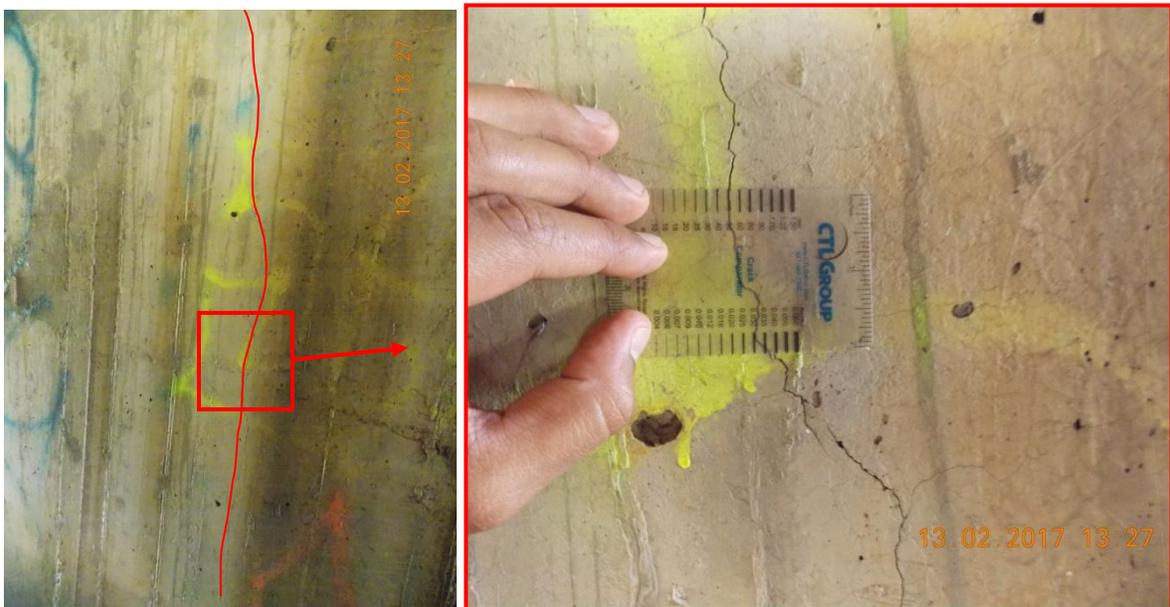


Figura 16. Grietas en la pared del cabezal del bastión 1.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN	
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P12-2017	Página 41/87
		VERSIÓN 04



Figura 17. Desprendimientos de concreto en la esquina superior del costado sur de la pared del cabezal del bastión 1.

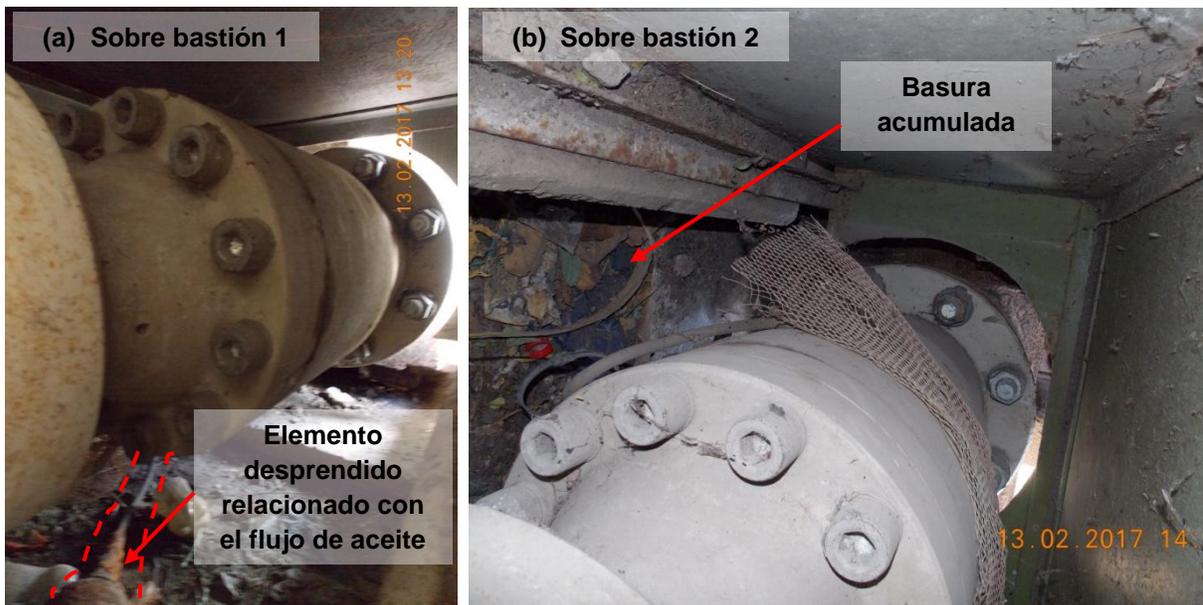


Figura 18. Dispositivos “Shock-Transmitters” sobre ambos bastiones en contacto con polvo, humedad y basura dentro del cobertor metálico.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P12-2017	Página 42/87	VERSIÓN 04



Figura 19. Corrosión en cobertores metálicos de los dispositivos “Shock-Transmitters”.



Figura 20. Mancha de humedad en viga de acople superior de 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-P12-2017	Página 43/87	VERSIÓN 04

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

El puente sobre la quebrada Salitral 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 la quebrada Salitral

Identificación de Informe	Fecha de evaluación en sitio	Fecha de emisión del informe
LM-PI-UP-PC05-2013	16-ENE-2013	Abril, 2013
INF-PI-UGERVN-14-2014	12-ENE-2015	Marzo, 2015
INF-PI-UGERVN-05-2016	01-FEB-2016	Mayo, 2016
LM-PIE-UP-P12-2017 (este informe)	15-FEB-2017	Agosto, 2017

Para determinar si los deterioros observados durante la evaluación visual efectuada el día 13 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-P12-2017	Agosto, 2017	Página 43 de 87
----------------------------	--------------	-----------------

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN	
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P12-2017	Página 44/87
		VERSIÓN 04

Tabla No. 8. Comparación entre evaluaciones históricas del puente sobre la quebrada Salitral.

INFORME		LM-PI-UP-PC05-2013		INF-PI-UGERVN-14-2014		INF-PI-UGERVN-05-2016		LM-PIE-UP-P##-2017	
AÑO DE EVALUACIÓN		2013		2015		2016		2017	
ELEMENTOS		GD	CE	GD	CE	GD	CE	GD	CE
SEGURIDAD VIAL	Barrera vehicular (puente)	0	1	NI	NI	1	2	1	2
	Barrera vehicular (accesos)	2	2	NI	NI	NI	NI	2	2
	Aceras	0	1	NI	NI	NI	NI	0	1
	Señalización Vial	1	1	NI	NI	NI	NI	2	2
	Rotulación Carga/Altura	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	Máxima	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	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	0	1	NI	NI	NI	NI	1	1
	Juntas de expansión	2	2	2	2	2	2	2	2
ACCESOS	Superficie de rodamiento (acceso)	NI	NI	NI	NI	NI	NI	1	1
	Relleno de aproximación	NI	NI	NI	NI	NI	NI	0	1
	Losa de aproximación	1	2	NI	NI	NI	NI	1	2
	Muros de contención en accesos	NI	NI	NI	NI	NI	NI	0	1
SUPERESTRUCTURA TIPO VIGAS	Tablero	1	3	3	5	3	5	3	5
	Vigas principales de acero	0	1	NI	NI	NI	NI	1	3
	Vigas y largueros de piso de acero	0	1	NI	NI	NI	NI	0	1
	Sistema de arriostamiento de acero	0	1	NI	NI	NI	NI	0	1
SUBESTRUCTURA	Apoyos	1	3	1	3	1	3	1	3
	Aletones	0	1	NI	NI	NI	NI	0	1
	Bastiones: Viga cabezal	1	3	NI	NI	NI	NI	1	3
	Bastiones: Cuerpo	NI	NI	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	NA	NA
	Pilas: Cuerpo tipo marco	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	NA	NA	NI	NI	NI	NI	NA	NA
	Dispositivos especiales	2	3	2	3	NI	NI	2	3
ELEMENTOS DE PROTECCIÓN HIDRÁULICA	Protección de taludes de rellenos	NI	NI	NI	NI	NI	NI	0	1
	Escollera de protección	NI	NI	NI	NI	NI	NI	0	1
	Protección de socavación en pilas	NI	NI	NI	NI	NI	NI	0	1

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

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P12-2017	Página 45/87	VERSIÓN 04

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

1. Las deformaciones de los elementos de acero, los desprendimientos de concreto del murete y el acero de refuerzo expuesto en la barrera vehicular se observaron por primera vez en la evaluación del 2016. En la evaluación realizada en este informe se observó la misma deficiencia por lo que no se tiene evidencia de atención de la deficiencia.
2. Las deficiencias incluidas en este informe, relacionados con la ausencia de guardavía en el costado norte del acceso 1, los detalles de anclaje al suelo en la terminal de abatimiento, la transición con el sistema de contención rígido del puente y el faltante de pernos, también fueron identificadas en el informe del 2013 y se pueden observar en las fotografías de evaluaciones de seguimiento del 2015 y 2016.
3. Las juntas de expansión se observaron en este informe en una condición similar a como se encontraron en las evaluaciones de los años 2013, 2015 y 2016. La junta 1 presenta desde esas evaluaciones partes de distinto tipo de junta y discontinuidad en el sello. Ambas juntas presentaron en todas las evaluaciones desprendimientos de concreto en los bordes de la junta e ingreso de agua a hacia los elementos de la subestructura.
4. El deterioro del concreto en las juntas de construcción de la losa del puente se observó por primera vez en el informe del 2013, cuando el daño en la junta más deteriorada actualmente solo era un desprendimiento de concreto superficial. En la evaluación del 2015 se encontró el agujero de todo el espesor de la losa en la junta más deteriorada que se observó también en este informe. Este agujero se ha ido rellenando con mezcla asfáltica y han aparecido otros agujeros en las juntas, como se observó en la evaluación del 2016 y en la evaluación reportada en este informe. En el 2015 se encontró por primera vez que el acero de refuerzo longitudinal se encontraba fracturado en la junta más deteriorada.

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P12-2017	Página 46/87	VERSIÓN 04

5. El agrietamiento de la cara superior de la losa del puente fue reportado en el informe del 2013 y en la evaluación de este informe se encontró una densidad y ancho de grietas similar al reportado en 2013.
6. Las grietas de la pared del cabezal del bastión se reportaron en el informe del 2013 y en la evaluación de este informe se encontró una densidad y ancho de grietas similar al reportado en 2013.
7. Los apoyos tipo “*PTFE pot bearing*” han mostrado una condición similar en todas las evaluaciones realizadas, con desprendimientos de pintura, corrosión del metal expuesto y acumulación de polvo y sedimentos alrededor del dispositivo.
8. Los dispositivos “*Shock Transmitters*” se observaron una condición similar en todas las evaluaciones realizadas.

Por lo tanto, se evidencia que desde la primera evaluación que se efectuó, no se han realizado medidas de corrección en algunos elementos o las medidas realizadas no fueron completamente efectivas, ya que muchas deficiencias continúan apareciendo o se ha reconstruido la vulnerabilidad. 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.

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P12-2017	Página 47/87	VERSIÓN 04

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este informe se presentan las observaciones realizadas durante la evaluación visual de la condición del puente sobre la quebrada Salitral 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 ALARMANTE:

CATEGORÍA	CONDICIÓN	DESCRIPCIÓN	
		Integridad Estructural y Seguridad Vial	Necesidad de Atención
5	ALARMANTE	Situación crítica. La estabilidad del puente puede estar comprometida en un periodo de tiempo corto gracias a la progresión del daño. Procurar reparación o tratamiento inmediato para asegurar estabilidad y evitar daños irreversibles en los elementos	<u>Atención prioritaria.</u> Se debe señalar la condición estructural peligrosa del puente y los trabajos de reparación son prioritarios. Evaluar la capacidad estructural residual del puente para juzgar si es necesario restringir la carga permitida

La calificación anterior se brinda por lo siguiente:

- a. Desprendimientos de concreto en todas las juntas de construcción del puente, en especial la junta de construcción ubicada a 33 m de la junta de expansión 1 donde se ha llegado a producir un agujero de todo el espesor de la losa y, a través del cual, se puede observar acero de refuerzo expuesto y fracturado. Esta situación podría restringir, en el corto plazo, el tránsito vehicular sobre el puente, poner en peligro la seguridad de los usuarios y comprometer la integridad estructural de la losa.

Además, se observó lo siguiente:

- b. Grietas en dos direcciones en la cara superior de la losa del puente.
- c. Apoyos con acumulación de polvo y sedimentos alrededor, desprendimiento del sistema de protección y corrosión del acero expuesto, con desprendimiento de la capa de

Informe LM-PIE-UP-P12-2017	Agosto, 2017	Página 47 de 87
----------------------------	--------------	-----------------

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P12-2017	Página 48/87	VERSIÓN 04

protección contra la corrosión que está cerca de la placa superior deslizante de los apoyos.

- d. Superficies con polvo, basura y humedad en todos los dispositivos “Shock Transmitters” y desprendimiento de un elemento relacionado con el flujo de aceite en uno de los dispositivos que podría estar afectando su desempeño.
- e. Corrosión con pérdida de sección leve en los extremos de las vigas principales
- f. Corrosión de pernos de unión entre vigas principales y apoyos.
- g. Grietas verticales en la pared del cabezal de ambos bastiones, sobre las cuales se encontraron manchas de humedad.
- h. Juntas de expansión con desprendimientos de concreto en los bordes, sello discontinuo que permite que el agua descargue sobre los bastiones, desprendimiento de material de protección de los pernos de anclaje.
- i. Desprendimientos de concreto y acero de refuerzo expuesto debido a impactos vehiculares en el murete de la barrera vehicular,
- j. La barrera podría no cumplir con los niveles de contención de la especificación de diseño AASHTO LRFD.
- k. Guardavías del acceso 2 deformado, faltante de pernos y pernos deformados en el sistema de anclaje de los guardavías a la barrera del puente.
- l. Grietas en losas de aproximación de ambos accesos.
- m. Demarcación horizontal borrosa y ausencia de marcadores de objeto.
- n. Acumulación de sedimentos en bordillos y en ductos de drenaje.

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P12-2017	Página 49/87	VERSIÓN 04

Las deficiencias de los puntos *a, b, c, d, g, h, i, j* y *l* fueron reportadas en los informes LM-PI-UP-PC05-2013, 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 en algunos elementos o las medidas realizadas no fueron completamente efectivas, ya que muchas deficiencias continúan apareciendo o se ha reconstruido la vulnerabilidad.

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 inspecciones detalladas del puente que incluya lo siguiente:
 - a. Intervenir de inmediato la losa del puente, determinando las condiciones de durabilidad y capacidad estructural de la losa del puente para establecer la extensión, la severidad y las posibles causas de cada una de las deficiencias observadas y recomendar si la losa debe ser sustituida o puede ser rehabilitada acorde con su nivel de deterioro.
 - b. Evaluar la condición de durabilidad y la capacidad estructural de los apoyos sobre las pilas.
 - c. Evaluar las condiciones de durabilidad y la capacidad estructural de los apoyos tipo “PTFE pot bearing” y los dispositivos “Shock Transmitters” sobre los bastiones. Además, incluir actividades básicas de mantenimiento siguiendo las pautas brindadas en los manuales respectivos de mantenimiento del fabricante (FIP Industriale, 2013b y 2013a) (Ver manuales también en Anexo B de este informe).
 - d. Procurar la asesoría del fabricante de los apoyos tipo “PTFE pot bearing” y de los dispositivos “Shock Transmitters” para las labores de inspección detallada, evaluación y mantenimiento.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P12-2017	Página 50/87	VERSIÓN 04

3. Evaluar estructuralmente si la barrera vehicular los detalles de anclaje a la losa, y el voladizo de la losa cumplen con las fuerzas de diseño del capítulo 13 de AASHTO LRFD para el nivel de contención TL-4. 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 sustitución de la barrera vehicular por un sistema que haya sido probado para un nivel de contención TL-4.
4. Establecer un programa de mantenimiento, siguiendo en donde aplique los procedimientos descritos en el Manual de Conservación de Carreteras, Caminos y Puentes MCV-2015 (MOPT, 2015) que incluya lo siguiente:
 - a. Sustituir las juntas de expansión del puente por un sistema de juntas de expansión impermeable acorde con los requerimientos de diseño y condiciones ambientales del puente.
 - b. Determinar las causas del agrietamiento observado en la losa de aproximación para establecer las medidas de reparación requeridas.
 - c. Dar seguimiento en próximas inspecciones a las grietas de los bastiones con el fin de verificar si el ancho de grietas aumenta o si aparece mayor densidad de grietas en los elemento. Posteriormente, reparar las grietas con un sistema de inyección, que considere el movimiento de la grieta.
 - d. Colocar pernos en los lugares donde se han perdido y revisar si los detalles de conexión a la barrera rígida del puente están de acuerdo a las recomendaciones del fabricante y a las disposiciones del *Manual SCV: Guía para el análisis y diseño de seguridad vial de márgenes de carretera* (Valverde, 2011)
 - e. Atender los deterioros de la superficie de rodamiento de los accesos
 - f. Evaluar la posibilidad de construir protecciones contra la erosión los taludes ubicados a los costados de los bastiones y a los costados de los rellenos de aproximación.

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P12-2017	Página 51/87	VERSIÓN 04

- g. Reubicar la salida del sistema de drenaje del acceso 1 para que descargue alejado de la estructura del puente
- h. Colocar marcadores de objeto frente a las barreras del puente y frente a los guardavías y dar mantenimiento a la señalización horizontal
- i. Limpiar todas las superficies del puente, poniendo atención en: las juntas de expansión, el sistema de drenaje del puente y los accesos, las zonas de las vigas cercanas los bastiones y las áreas cercanas a los apoyos.

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.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P12-2017	Página 52/87	VERSIÓN 04

8. REFERENCIAS

1. AASHTO (2007). *Maintenance Manual for Roadways and Bridges*. American Association of State Highway and Transportation Officials. Washington, D.C., USA.
2. 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.
3. 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.
4. 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.
5. 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.
6. FIP Industriale (2013a). *Installation, Inspection and Maintenance Manual for STU devices*. FIP Industriale: Padua, Italia.
7. FIP Industriale (2013b). *Installation, Inspection and Maintenance Manual for the PTFE-Steel Pot Bearings*. FIP Industriale: Padua, Italia.
8. 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.
9. MOPT (2015a). *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.

Informe LM-PIE-UP-P12-2017	Agosto, 2017	Página 52 de 87
----------------------------	--------------	-----------------

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P12-2017	Página 53/87	VERSIÓN 04

10. 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.
11. 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.
12. Villalobos-Vega, E., Castillo-Barahona, R, Loría-Salazar, L.G. (2013). *Inspección del puente sobre la quebrada Salitral Ruta Nacional No. 27 LM-PI-UP-PC05-2013*. San José, Costa Rica: Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA), LanammeUCR.
13. 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.
14. 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.
15. 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.
16. 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-P12-2017	Página 54/87	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-P12-2017	Página 55/87	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-P12-2017	Página 56/87	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-P12-2017	Página 57/87	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-P12-2017	Página 58/87	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:

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

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

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

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

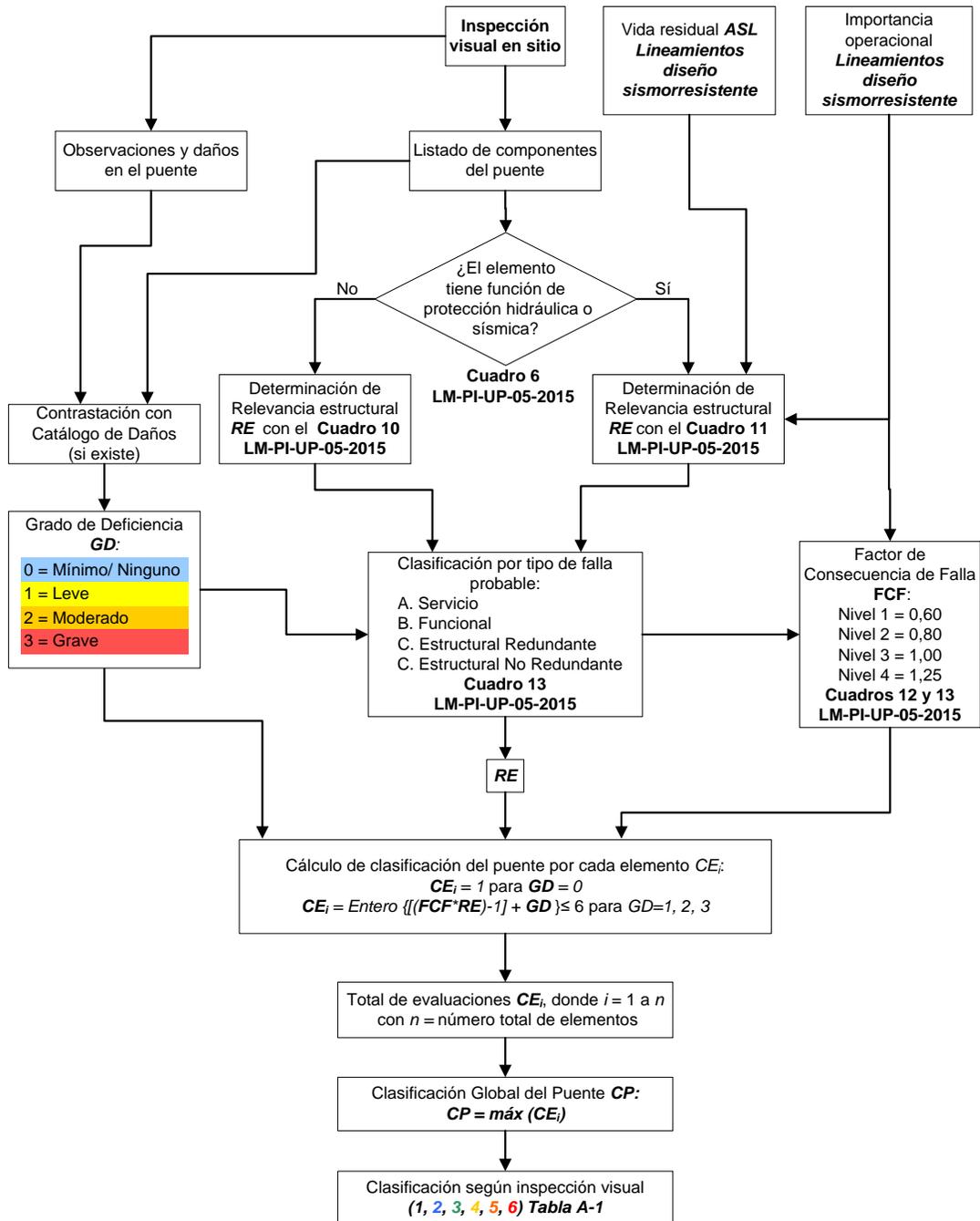


Figura A-1. Diagrama de flujo con metodología para calificar cualitativamente la condición del puente de acuerdo con informe LM-PI-UP-05-2015

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P12-2017	Página 60/87	VERSIÓN 04

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

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

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN	
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P12-2017	Página 61/87
		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 Fecha Evaluación Año de construcción o diseño	Puente sobre quebrada Salitral RN27 13/2/2017 2001	Importancia Operacional (LDSP 2013) TPD (veh/día) Vida de diseño según código (años)	Crítico 16457 50				
		DESCRIPCIÓN DE DANOS O REFERENCIA	TIPO DE FALLA				
	ELEMENTO	RE	GD	FCF	CE_i		
				A TABLA DE INFORME	FALLA	FCF	CE_i
SEGURIDAD VIAL	Barrera vehicular (puente)	2	1	Tabla No 2. Punto 2.1.	B	0.8	2
	Barrera vehicular (accesos)	1	2	Tabla No 2. Punto 2.2.	A	0.6	2
	Aceras	2	0	Tabla No. 2. Punto 2.3.	B	0.8	1
	Señalización Vial	1	2	Tabla No. 2. Punto 2.5.	A	0.6	2
	Rotulación Carga/Altura Máxima	1	No Aplica	Tabla No. 2. Punto 2.4.	A	0.6	
	Iluminación	1	0	Tabla No. 2. Punto 2.6.	A	0.6	1
ACCESORIOS	Superficie de rodamiento (puente)	1	No Aplica	Tabla No. 3. Punto 3.1.	A	0.6	
	Sistema de drenaje del puente	1	1	Tabla No. 3. Punto 3.2.	A	0.6	1
	Juntas de expansión	1	2	Tabla No. 3. Punto 3.3.	A	0.6	2
ACCESOS	Superficie de rodamiento (acceso)	1	1	Tabla No. 3. Punto 3.4.	A	0.6	1
	Relleno de aproximación	2	0	Tabla No. 3. Punto 3.5.	B	0.8	1
	Losa de aproximación	2	1	Tabla No. 3. Punto 3.7.	B	0.8	2
	Muros de contención en accesos	2	0	Tabla No. 3. Punto 3.6.	B	0.8	1
SUPERESTRUCTURA TIPO VIGAS	Tablero	3	3	Tabla No. 4. Punto 4.1.	C	1	5
	Vigas principales de acero	4	1	Tabla No. 4. Punto 4.2.	B	0.8	3
	Vigas de piso de acero	2	0	Tabla No. 4. Punto 4.3.	B	0.8	1
	Sistema de arriostramiento de acero	2	0	Tabla No. 4. Punto 4.4.	B	0.8	1
SUBESTRUCTURA	Apoyos	3	1	Tabla No. 5. Punto 5.1.	C	1	3
	Aletones	2	0	Tabla No. 5. Punto 5.3.	B	0.8	1
	Bastiones: Viga cabezal	3	1	Tabla No. 5. Punto 5.2.	C	1	3
	Bastiones: Cuerpo	3	0	Tabla No. 5. Punto 5.2.	C	1	1
	Bastiones: Cimentación	3	No Insp.	Tabla No. 5. Punto 5.5.	C	1	
	Pilas: Viga cabezal	3	No Aplica	Tabla No. 5. Punto 5.4.	C	1	
	Pilas: Cuerpo tipo marco	4	0	Tabla No. 5. Punto 5.4.	C	1	1
Pila: Cimentación	4	No Insp.	Tabla No. 5. Punto 5.5.	C	1		
ELEMENTOS DE PROTECCIÓN SÍSMICA	Longitud de asiento (pedestales)	2	0	Tabla No. 6. Punto 6.1.	C	1	1
	Llaves de corte	2	0	Tabla No. 6. Punto 6.2.	C	1	1
ELEMENTOS DE PROTECCIÓN	Cadenas/ anclajes/ postensión externa	2	No Aplica		C	1	
	Dispositivos especiales	2	2	Tabla No. 6. Punto 6.2.	C	1	3
ELEMENTOS DE PROTECCIÓN	Protección de taludes de rellenos	2	0	Tabla No. 6. Punto 6.3.	C	1	1
	Escollera de protección	2	0	Tabla No. 6. Punto 6.4.	C	1	1
	Protección de socavación en pilas	2	0	Tabla No. 6. Punto 6.5.	C	1	1
						CP =	5 Condición Alarmante

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-P12-2017	Página 62/87	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-P12-2017	Página 63/87	VERSIÓN 04

ANEXO B

Manuales de instalación, inspección y mantenimiento para los dispositivos “*Shock-Transmitters*” y los apoyos tipo “*PTFE pot bearing*”.

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P12-2017	Página 64/87	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 cada publicación.

Identificación dada en este informe al dispositivo	Nombre dado por el fabricante al manual de instalación, inspección y mantenimiento	Número de páginas
Dispositivos "Shock-Transmitters"	Installation, Inspection and Maintenance Manual for STU devices	8
Apoyos tipo "PTFE 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-P12-2017	Página 66/87	VERSIÓN 04

 FIP INDUSTRIALE	SISTEMA QUALITA' AZIENDALE QUALITY SYSTEM	T.P. Rev. 0 Page 2 of page 8
--	--	---------------------------------------

TABLE OF CONTENTS

1.	SCOPE	<u>pag.3</u>
2.	REFERENCE NORMS	<u>pag.3</u>
3.	INSTALLATION	<u>pag.3</u>
4.	ROUTINE INSPECTION.....	<u>pag.4</u>
4.1.	Sequence of Operations.....	<u>pag.5</u>
4.2.	Measuring Instruments and Ancillary Equipment.....	<u>pag.5</u>
5.	DEVICE REPLACEMENT.....	<u>pag.5</u>
5.1.	Sequence of Operations.....	<u>pag.5</u>
	ANNEX 1: INSPECTION ACTIVITIES	<u>pag.6</u>
	ANNEX 2: MAINTENANCE ACTIVITIES.....	<u>pag.8</u>

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P12-2017	Página 68/87	VERSIÓN 04

 FIP INDUSTRIALE	SISTEMA QUALITA' AZIENDALE QUALITY SYSTEM	T.P. Rev. 0 Page 4 of page 8
--	--	---------------------------------------

4.0. - ROUTINE INSPECTION

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

The inspection frequencies indicated in Annex 1 are for "General Inspection" activities. "Superficial Inspections" should be carried out by the Maintaining Authority as and when possible as part of other routine maintenance activities. Further inspections shall be done after exceptional events (e.g., anomalous landslides, earthquakes, collisions, etc.).

In the routine inspection the following properties shall be checked:

- condition of movement by means of a tape measure;
- presence/absence of oil leakage through the circuit (this inspection shall be very accurate particularly after one full year of service life of the device);
- condition of integrity of the dust bellow sleeve;
- condition of the fixings;
- condition of the structure (concrete and/or steel) near the anchorage of the device.

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

More frequent inspections shall be carried out, the rate depending on the operator confidence.

Any non-conformance encountered as part of either a "General" or "Superficial" inspection should be dealt with as described in Annex 1. All inspection should be recorded, and in the case of a "progressive" inconvenient, photographic records should be kept to enable the progression to be assessed.

Levels of acceptability of inconveniences are shown in Annex 1; these are general variances that could be expected to occur in the lifetime of the components. Any inconvenient not listed, or any defect should be reported to FIP Italy immediately, who will give guidance on the necessary course of action.

Informe LM-PIE-UP-P12-2017	Agosto, 2017	Página 68 de 87
----------------------------	--------------	-----------------

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN	Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P12-2017	Página 69/87

 FIP INDUSTRIALE	SISTEMA QUALITA' AZIENDALE QUALITY SYSTEM	T.P. Rev. 0 Page 5 of page 8
--	--	---------------------------------------

4.1. - Sequence of Operations

- Visual inspection of the general condition of the unit
- Inspection of the dust protection covers
- Inspection of the piston rod
- Inspection of the spherical hinge
- Recording of the data collected, temperature, time and date

4.2. - Measuring Instruments and Ancillary Equipment

- Plans and drawings, manuals, product specification, etc.
- Scaffolds and working platforms
- Lighting equipment
- Mirror
- Tools for removal of all coverings
- Cleaning device
- Apparatus for measuring the thickness of protective layers
- Temperature measuring instrument

5.0. – DEVICE REPLACEMENT

The whole device can be removed for a minor repair or for substitution in case of a very serious damage. These operations undertaken for the removal, shall be decided and agreed with the FIP Industriale Technical Department. The following procedures are general and can be changed to suit the actual necessities.

5.1. - Sequence of Operations

- Apply the transportation clamps to hold the device (if any);
- Remove the bolts/pins which connect the OT to the structure, taking care to sustain it;
- Remove the device taking care not to damage it;
- Insert the new device slightly shorter than gap between the anchorage;
- Pull out the rod piston of the OT to close the gap;
- Reconnect all the fixing bolts/pins;

Informe LM-PIE-UP-P12-2017	Agosto, 2017	Página 69 de 87
----------------------------	--------------	-----------------



	SISTEMA QUALITA' AZIENDALE QUALITY SYSTEM	T.P. 137 Rev. 0 Page 6 of page 8
--	--	---

ANNEX 1 : INSPECTION ACTIVITIES

WHAT TO INSPECT ?	FREQUENCY	WHAT TO LOOK FOR ?	SPECIAL EQUIPMENT	LEVEL OF ACCEPTABILITY	ACTIONS WHERE NCS FOUND	REMARKS
Dust protection bellow	first inspection after one year, then every two years	Damage	visual check	no damage	replace damaged cover	
Piston Rod	once a year	Cleanliness	visual check	a film of oil is acceptable, hardened deposit not acceptable	clean smoothly the surface and grease with silicon oil	when the OT works at low pressure (service conditions) a film of oil is desired to keep the rod lubricated and the seals wet
Translation	first inspection after one year, then every two years	surface wrinkling	visual check	no wrinkling	polish smoothly the surface	contact FIP Italy if needed
Spherical hinge	first inspection after one year, then every two years	gap between structures	tape measure	1) translation movements as specified 2) any anomaly in the relative position	check with Owner Technical Dpt.	contact FIP Italy if needed
Bolts and fixing	first inspection after one year, then every two years	material that can prevent the free movements	visual check	no blocking materials	remove the impediments	
		tightening of bolts (if any)	spanner	no loose bolt/fixing	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



INFORME DE EVALUACIÓN

CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P12-2017

Página 71/87

VERSIÓN 04

FIP INDUSTRIALE		SISTEMA QUALITA' AZIENDALE QUALITY SYSTEM					T.P. 137 Rev. 0 Page 7 of page 8
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	Extension 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	
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 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 OT is malfunctioning, is the appearance of damage in an adjacent structure. It is therefore important for any OT inspection to include the adjacent structure and its condition should be reported	
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-P12-2017	Página 72/87	VERSIÓN 04

 FIP INDUSTRIALE	SISTEMA QUALITA' AZIENDALE QUALITY SYSTEM	T.P. 137 Rev. 0 Page 8 of page 8
--	--	---

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 Italy Technical dept. 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.

All maintenance activities should be reported to FIP.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN	Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P12-2017	Página 74/87

 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-P12-2017	Página 75/87

 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.

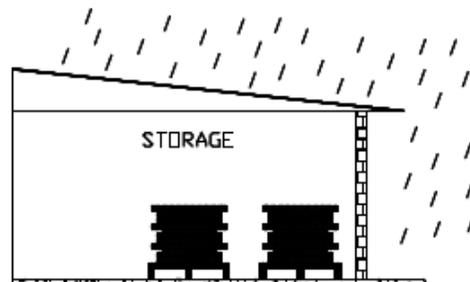
The operations undertaken for a substitution shall be decided and agreed with the FIP Industriale Technical Department and shall require adequate specifications.

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-P12-2017		Página 76/87

 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-P12-2017	Agosto, 2017	Página 76 de 87
----------------------------	--------------	-----------------

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P12-2017	Página 77/87	VERSIÓN 04

 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 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-P12-2017	Agosto, 2017	Página 77 de 87
----------------------------	--------------	-----------------

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN	Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P12-2017	Página 78/87

 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-P12-2017	Agosto, 2017	Página 78 de 87
----------------------------	--------------	-----------------

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN	Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P12-2017	Página 79/87

 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 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-P12-2017	Agosto, 2017	Página 79 de 87
----------------------------	--------------	-----------------

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P12-2017	Página 80/87	VERSIÓN 04

 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

Informe LM-PIE-UP-P12-2017	Agosto, 2017	Página 80 de 87
----------------------------	--------------	-----------------

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN	Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P12-2017	Página 81/87

 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-P12-2017	Página 82/87

 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.

Informe LM-PIE-UP-P12-2017	Agosto, 2017	Página 82 de 87
----------------------------	--------------	-----------------

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P12-2017	Página 83/87	VERSIÓN 04

 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-P12-2017	Agosto, 2017	Página 83 de 87
----------------------------	--------------	-----------------



INFORME DE EVALUACIÓN

CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P12-2017

Página 84/87

VERSIÓN 04

 Via Scapicchiò, 41 - 36100 SELVAZZANO DENIRO - 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-P12-2017

Página 85/87

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-P12-2017

Página 86/87

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-P12-2017	Página 87/87

 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-P12-2017	Agosto, 2017	Página 87 de 87
----------------------------	--------------	-----------------