

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P14-2017	Página 1/65	VERSIÓN 04

Programa de Ingeniería Estructural

Proyecto: LM-PIE-UP-P14-2017

EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PUENTE SOBRE EL RÍO VIRILLA 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-P14-2017	Página 2/65	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-P14-2017	Página 3/65

Información técnica del documento

1. Informe: LM-PIE-UP-P14-2017		2. Copia No. 1	
3. Título y subtítulo: EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PUENTE SOBRE EL RÍO VIRILLA 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 el río Virilla, 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 SERIA. Por lo tanto, con el propósito de contribuir a la atención de la estructura evaluada se realizan recomendaciones generales relacionadas con cada aspecto evaluado en este informe.</i>			
8. Palabras clave Puentes, Concesión, Ruta Nacional No. 27, río Virilla, Evaluación de condición.		9. Nivel de seguridad: Ninguno	10. Núm. de páginas 65
11. Inspección e informe por: Ing. Pablo Agüero Barrantes Unidad de Puentes	12. Inspección y revisión por: Ing. Luis Guillermo Vargas Alas Unidad de Puentes	13. Revisado y aprobado por: Ing. Esteban Villalobos Vega Coordinador a.i. Unidad de Puentes	
14. Revisado por: Lic. Owen Alejandro Gooden M. Asesor Legal a.i. LanammeUCR	15. Revisado y aprobado por: Ing. Rolando Castillo Barahona Coordinador Programa de Ingeniería Estructural		

	<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-P14-2017</p>	<p>Página 4/65</p>	<p>VERSIÓN 04</p>

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-P17-2017	Página 5/65	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. COMPARACIÓN DE LA CONDICIÓN ACTUAL RESPECTO A LAS EVALUACIONES ANTERIORES	31
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	34
8. REFERENCIAS.....	38
ANEXO A CRITERIOS PARA CLASIFICAR EL ESTADO DE CONSERVACIÓN DEL PUENTE.....	41
ANEXO B MANUALES DE INSTALACIÓN, INSPECCIÓN Y MANTENIMIENTO PARA LOS APOYOS TIPO “PTFE-STEEL POT BEARING” PUBLICADOS POR LA EMPRESA FIP INDUSTRIALE.....	49

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P17-2017	Página 6/65	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-P17-2017	Página 7/65	VERSIÓN 04

1. INTRODUCCIÓN

Este informe de evaluación del puente sobre el río Virilla, 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 14 de Marzo 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-P17-2017	Página 8/65	VERSIÓN 04

3. ALCANCE DEL INFORME

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

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

Se entiende por evaluación la valoración de la condición del puente a partir de las observaciones realizadas durante la inspección. Como resultado de la evaluación se le asigna una calificación al puente de acuerdo con una metodología desarrollada por la Unidad de Puentes la cual se describe en el informe LM-PI-UP-05-2015 (Muñoz-Barrantes, et. al., 2015). En el Anexo A se puede consultar un diagrama de flujo que resume los criterios, la metodología utilizada y una tabla donde se explica el significado de cada condición.

Las dimensiones de los elementos del puente se obtienen de los planos de diseño, si es que esta información está disponible. Estas dimensiones se verifican mediante mediciones realizadas en sitio de varios elementos clave del puente. Las dimensiones obtenidas de los planos se pueden utilizar para completar formularios de inventario del puente si se considera necesario, ya que en muchas ocasiones el inspector no tiene acceso físico y/o visual a algunos componentes del puente.

En el caso que se quisiera verificar la capacidad estructural o hidráulica del puente o la capacidad soportante del suelo se recomienda realizar una evaluación estructural detallada complementada con ensayos no destructivos, un análisis hidrológico e hidráulico y un estudio geotécnico.

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN	
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P17-2017	Página 9/65
		VERSIÓN 04

4. DESCRIPCIÓN

El puente evaluado se ubica en la Ruta Nacional No. 27, en la sección de control 10080 y cruza el río Virilla. Desde el punto de vista administrativo, se ubica en el distrito San Rafael, del cantón Alajuela, en la provincia de Alajuela. Sus coordenadas, en el sistema geográfico de ubicación, corresponden con: 9°56'50,10"N de latitud y 84°13'55.84"O de longitud. La figura A muestra la ubicación geográfica del puente.

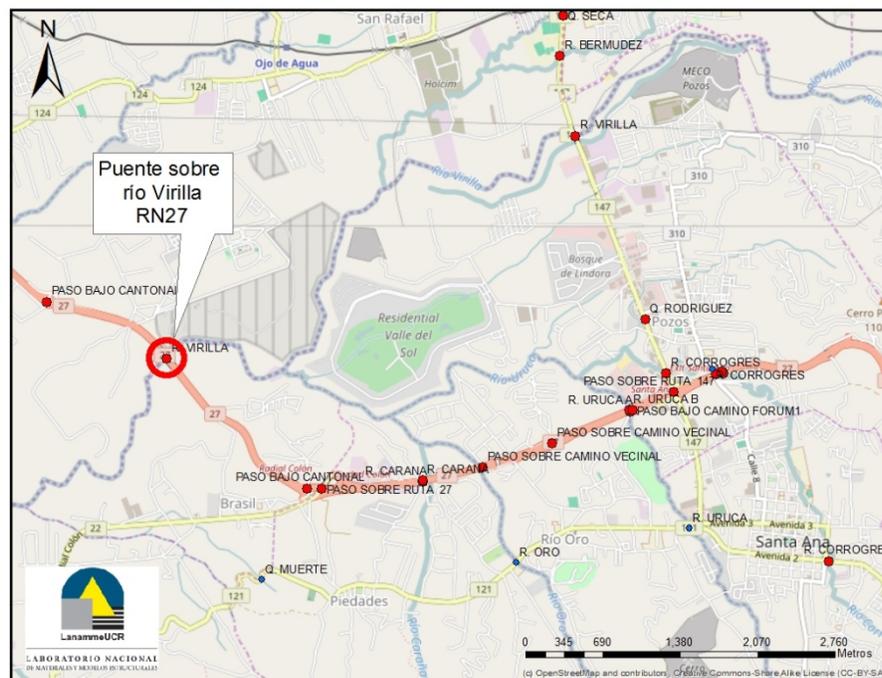


Figura A. Ubicación geográfica del puente (Adaptado de Open Street Maps, 2017).

La ruta clasifica como primaria y tiene un tránsito promedio diario de 64601 vehículos por día (medidos 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 Secretaría de Planificación Sectorial del MOPT. Se debe indicar que el porcentaje de vehículos pesados es de 4% (2584 vehículos), de los cuales el 1,17% (755 vehículos) corresponde a camiones de 5 ejes.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P17-2017	Página 10/65	VERSIÓN 04

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

Para éste puente en particular, sí se tuvo acceso a los planos del diseño original con fecha del 2000 y 2001. 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-P17-2017	Página 11/65	VERSIÓN 04



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



Figura C. Vista lateral

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P17-2017	Página 12/65

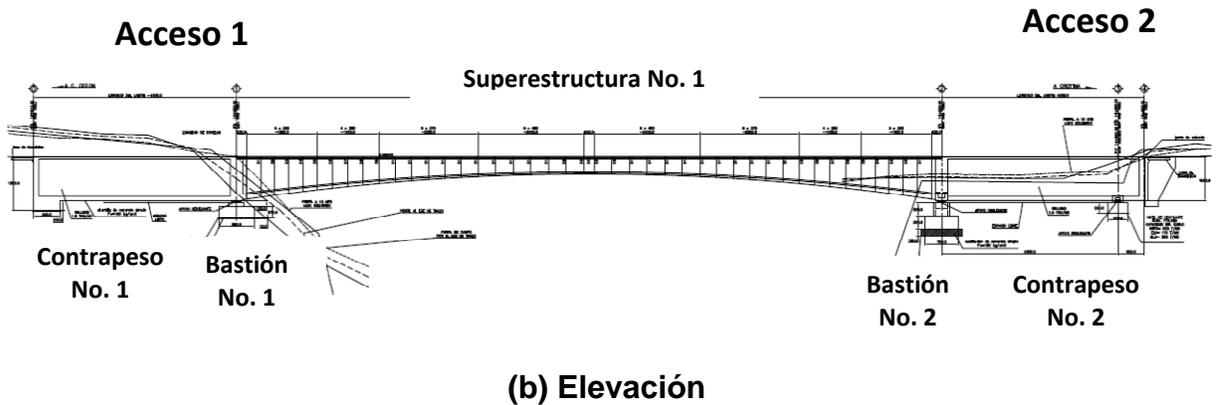
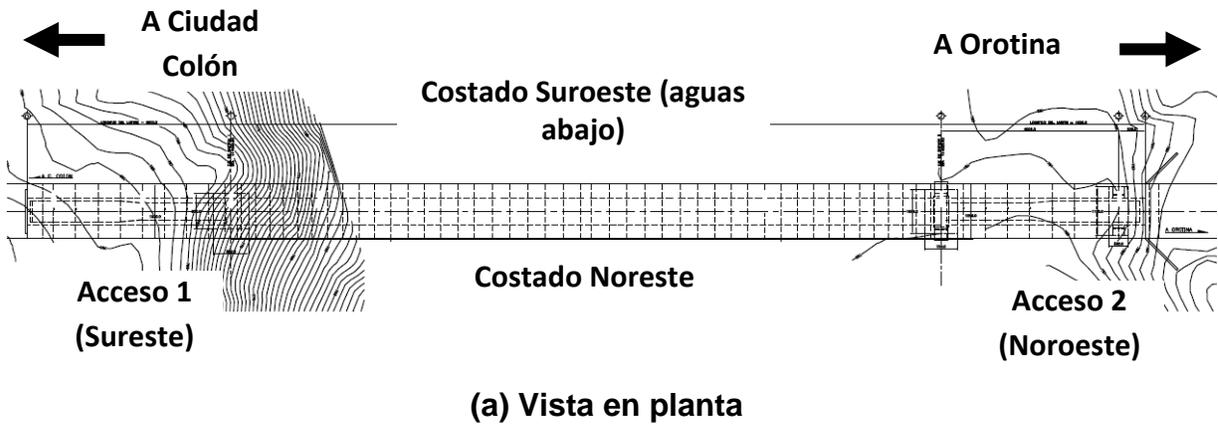


Figura D. Identificación utilizada para el puente sobre el río Virilla.

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN	Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P17-2017	Página 13/65

Tabla No. 1. Características básicas del puente.

Geometría	Tipo de estructura	Puente
	Longitud total (m)	252,9 (medido entre juntas)
	Ancho total (m)	12,3
	Ancho de calzada (m)	9,8
	Número de tramos	1
	Alineación del puente	Recta
	Número de carriles	2 (1 encada sentido)
Superestructura	Número de superestructuras	1
	Tipo de superestructura (elementos principales)	Superestructura tipo viga con vigas principales tipo cajón de sección variable de concreto preesforzado
	Tipo de tablero	Losa de concreto reforzado
Apoyos	Tipo de apoyo en bastiones	Bastión 1: 2 apoyos de disco confinado deslizante (según planos) Bastión 2: 4 apoyos de disco confinado deslizante (según planos).
	Tipo de apoyo en pilas	No aplica
Subestructura	Número de elementos	Bastiones: 2 Pilas: No aplica
	Tipo de bastiones	Según los planos constructivos los bastiones 1 y 2, consisten en el conjunto formado por la sección rellena de la viga cajón (contrapeso) y las pedestales de los apoyos de disco.
	Tipo de pilas	No aplica
	Tipo de cimentación	Tipo placa aislada
Diseño y construcción	Año de diseño	2001
	Año de construcción	2002
	Especificación de diseño original	AASHTO Standard 1996
	Carga viva de diseño original	HS-20-44 incrementada 25%
	Año de reforzamiento/rehabilitación	No aplica
	Especificación utilizada para el reforzamiento/ rehabilitación	No aplica
	Carga viva de diseño utilizada para el reforzamiento/ rehabilitación	No aplica

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P17-2017	Página 14/65	VERSIÓN 04

5. ESTADO DE CONSERVACION Y SEGURIDAD VIAL DEL PUENTE

Los resultados de la evaluación del puente se presentan en 4 áreas: (a) Seguridad vial, (b) Superficie de rodamiento, accesorios, accesos y otros (c) Superestructura, (d) Subestructura y (e) Elementos de protección sísmica e hidráulica. De esta manera se describe la condición del puente de una manera simple y ordenada y al mismo tiempo se ofrecen recomendaciones para realizar mantenimiento, mejoras y reparaciones y si fuera necesario se recomienda la realización de inspecciones detalladas y estudios especializados. Estas observaciones y recomendaciones se resumen en las Tablas No.2 a No.6 las cuales se presentan a continuación.

En dichas tablas se presentan dos columnas llamadas GD y CE, las cuales corresponden, respectivamente, al Grado de Deficiencia (GD) y la Condición Evaluada (CE) para cada elemento del puente de acuerdo como se definen en el informe LM-PI-UP-05-2015 (Muñoz-Barrantes, et. al., 2015) y en el Anexo A. Los valores numéricos de GD (varía entre 0 y 3) y CE (varía entre 1 y 6), se refieren al estado de deterioro observado el día de la evaluación y se asignan de acuerdo con el componente más dañado que se observa en el respectivo ítem evaluado; sin embargo, la atención de la estructura se debe realizar haciendo un análisis integral de todos los deterioros detallados en la evaluación que se presenta en este informe. En las casillas correspondientes a GD y CE también podrían aparecer las siguientes expresiones: "NI" cuando el elemento no pudo ser inspeccionado por dificultades de acceso o "NA" cuando el elemento no se encontraba en el tipo de puente evaluado.

En el Anexo A se puede consultar el procedimiento y la definición de las variables que intervienen para determinar la Condición Evaluada (CE) a partir del grado de deficiencia (GD) observado.

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN	
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P17-2017	Página 15/65
		VERSIÓN 04

Tabla No. 2. Estado de la seguridad vial.

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
2.1. Sistema de contención vehicular del puente	<p>No se observaron daños en la barrera vehicular.</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 1996).</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>	0	1	<p>Revisar si la barrera vehicular cumple con las especificaciones 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 las fuerzas de diseño para una barrera TL-4, evaluar la posibilidad de establecer un programa de rehabilitación del puente donde se incluya el reforzamiento 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 2014.</p>
2.2. Sistema de contención vehicular de los accesos	<p>Se observó ausencia de elementos verticales o en los guardavías del acceso 1 en el costado noreste en el tramo sobre la cuneta (ver figura 1).</p> <p>La cuneta debe tener una geometría que permita que los vehículos continúen hasta la barrera en caso de que se salgan de la vía, en lugar de ser detenidos por la cuneta.</p>	0	1	<p>Reponer los elementos verticales ausentes en los guardavías.</p> <p>Establecer un programa rutinario que incluya entre otras labores el mantenimiento del sistema de contención vehicular de los accesos.</p> <p>Adicionalmente, se recomienda realizar un análisis de la geometría de la cuneta de los accesos para asegurar que sea traspasable y así funcione en conjunto con la barrera vehicular ante la eventual salida de un vehículo de la vía.</p>

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN	
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P17-2017	Página 16/65
		VERSIÓN 04

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

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
2.3. Aceras y sus accesos	<p>El puente cuenta con un bordillo de seguridad de 950 mm de ancho el cual no cumple con el mínimo requerido en la Ley 7600 (ver figura 3).</p> <p>El día de la visita al sitio no se observaron peatones sobre el puente. Aunque en la Ruta Nacional No. 27 no se permite el tránsito peatonal, por la cercanía de poblados y centros de trabajo al puente, se podrían motivar viajes de peatones por la estructura.</p>	1	2	<p>Evaluar la necesidad de proveer aceras que cumplan con las dimensiones requeridas por la ley 7600.</p>
2.4. Rótulos de carga/ altura máxima e Identificación	<p>El puente contaba con un rótulo de identificación en ambos accesos.</p>	0	1	<p>Considerar la conveniencia de incluir el número de ruta nacional en el rótulo que identifica el puente.</p>
2.5. Señalización <ul style="list-style-type: none"> • Captaluces • Demarcación horizontal • Marcadores de objeto 	<p>El estado de la demarcación horizontal era malo según la <i>Guía de evaluación de seguridad vial para puentes en Costa Rica</i> (Zamora-Rojas, et. al., 2012) (ver figura 2).</p> <p>Los accesos no contaban con marcadores de objeto (ver figura 2).</p> <p>La ausencia o deficiencia en los elementos de seguridad vial aumenta la probabilidad de un accidente vial en condiciones de baja visibilidad.</p>	3	3	<p>Instalar marcadores de objeto en los accesos, detrás de los guardavías frente a la barrera rígida y en el extremo de los guardavías.</p> <p>Corregir todas las deficiencias presentes en la señalización.</p> <p>Establecer un programa rutinario que incluya entre otras labores el mantenimiento de la señalización vial.</p>

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P17-2017	Página 17/65	VERSIÓN 04

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

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
2.6. Iluminación	El puente y sus accesos no contaban con un sistema de iluminación.	3	3	Valorar las condiciones de visibilidad nocturna y una eventual instalación de un sistema de iluminación debido a la longitud de 253 m del puente.

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	El tablero tipo losa de concreto cumple la función de superficie de rodamiento. <i>Ver 4.1 Tablero.</i>	NA	NA	<i>Ver 4.1 Tablero.</i>
3.2. Bordillos y sistema de drenaje del puente	Se observó acumulación de sedimentos en los bordillos (ver figura 3). Los drenajes no contaban con tubos de extensión y descargaban sobre los elementos de la superestructura del puente (ver figura 4). La descarga de agua de escorrentía sobre los elementos de concreto puede reducir su vida útil.	2	2	Proveer a los ductos de drenaje una tubería o sistema de tuberías diseñados para que el agua no descargue sobre los elementos estructurales, de acuerdo con los requisitos de la sección 2.6.6.4 de la <i>Especificación LRFD para diseño de puentes</i> (AASHTO, 2014). Establecer un programa de mantenimiento periódico que involucre entre otras actividades la limpieza de bordillos, ductos de drenaje y los drenajes 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-P17-2017	Página 18/65	VERSIÓN 04

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

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
3.3. Juntas de expansión	<p>Se observó la presencia de sedimentos y obstrucción en el sistema de drenaje y junta de expansión del acceso 2 (ver figura 5).</p> <p>La obstrucción de la junta de expansión aumenta el riesgo de que esta no se desempeñe adecuadamente ante condiciones de servicio.</p> <p>La descarga de agua de escorrentía sobre los elementos de concreto puede reducir su vida útil.</p>	2	2	<p>Establecer un programa de mantenimiento periódico que incluya, entre otras actividades, la limpieza los drenajes de las juntas de expansión y el reemplazo de los elementos de deteriorados de ésta.</p> <p>Extender el sistema de drenaje de la junta de expansión para que no descargue sobre los elementos que están por debajo.</p>
3.4. Superficie de rodamiento de los accesos	<p>El pavimento de la superficie de rodamiento del acceso 1 presentaba desprendimiento de agregado (ver figura 6).</p> <p>En el caso del acceso 2 presentaba exudación y desprendimiento de agregado (ver figura 7).</p> <p>En caso de no atender los deterioros observados, aumenta el riesgo de que el daño progrese, incrementando con ellos los costos de mantenimiento.</p>	1	1	<p>Establecer un programa de rutinario que incluya entre otras labores el mantenimiento de la estructura de pavimento de los accesos.</p>
3.5. Rellenos de aproximación y taludes de accesos	<p>No se observaron daños en los rellenos de aproximación ni en los taludes de los accesos.</p> <p>Los taludes de los accesos no cuentan con un sistema de protección contra la erosión.</p>	0	1	<p>Evaluar la necesidad de proteger los taludes laterales de los accesos contra la erosión.</p>

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P17-2017	Página 19/65	VERSIÓN 04

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

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
3.6. Muros de retención de los accesos	Los accesos no cuentan con muros de retención.	NA	NA	No aplica
3.7. Losa de aproximación	Se observó agrietamiento en dos direcciones con un espesor superior a 0,30 mm en la losa de aproximación del acceso 2 (ver figura 8). No se tuvo acceso visual a la losa de aproximación del acceso 1, sin embargo, en los planos de diseño se indica su construcción.	1	2	Evaluar el estado actual de la losa de aproximación del acceso 2 para determinar las medidas a implementar.
3.8. Sistema de drenaje de los accesos	El sistema de drenaje del acceso 2 permite el ingreso de agua y la acumulación de sedimentos sobre el bastión 2 y sus apoyos (ver figura 9). La descarga de agua sobre los elementos de concreto y los apoyos puede reducir su vida útil.	2	3	Corregir las deficiencias en el sistema de drenaje del acceso 2 para evitar el ingreso de agua y sedimentos sobre el bastión 2.
3.9. Vibración	Se percibieron vibraciones debido al paso de vehículos pesados que se consideran normales.	NA	NA	No hay recomendaciones.

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P17-2017	Página 20/65	VERSIÓN 04

Tabla No. 4. Estado de conservación de la superestructura de viga de concreto.

Elementos	Observaciones	GD	CE	Recomendaciones
4.1. Tablero (losa de concreto, rejilla de acero, tablero de acero, tablero de madera).	<p>Se observó agrietamiento en dos direcciones con un espesor mayor a 0,30 mm y separación entre grietas menor a 300 mm En los tramos de viga de contrapeso (relleno) en la cercanía de los accesos (ver figura 10).</p> <p>En el resto del tablero, tanto en los tramos rellenos como en el tramo central, se observó agrietamiento en la dirección longitudinal con un espesor mayor a 0,30 mm y separación entre grietas menor a 300mm (ver figura 11).</p> <p>Además, se observaron desprendimientos puntuales de hasta 300 mm de longitud con una profundidad mayor a 25 mm con exposición del acero de refuerzo (ver figura 12).</p> <p>El agrietamiento y desprendimientos observados pueden afectar la durabilidad del tablero y reducir su capacidad de carga para resistir la carga vehicular.</p> <p>No se tuvo acceso visual a la cara inferior del tablero.</p>	1	3	<p>Realizar una inspección detallada del tablero para determinar la extensión, severidad y causa de los daños.</p> <p>Si se determina que los daños observados no afectan la capacidad de carga del tablero, se recomienda reparar los deterioros utilizando métodos adecuados de acuerdo al tipo y nivel de deterioro, para maximizar la vida útil del tablero.</p> <p>Realizar una inspección en el interior de la viga cajón. Se debe considerar que dicha inspección podría requerir la utilización de equipo especial para acceder dentro de la viga.</p>

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN	Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P17-2017	Página 21/65

Tabla No. 4 (continuación). Estado de conservación de la superestructura de viga de concreto.

Elementos	Observaciones	GD	CE	Recomendaciones
4.2. Viga principal de concreto	<p>La viga presentaba evidencia de descarga de agua proveniente de los drenajes de la superestructura sobre los costados de la viga cajón (Ver observaciones de 3.2 <i>Bordillos y sistema de drenaje del puente</i> y la figura 4).</p> <p>La descarga de agua sobre los elementos de concreto puede reducir su vida útil.</p>	0	1	Ver recomendaciones de 3.2 <i>Bordillos y sistema de drenaje del puente</i> .
4.3. Viga de contrapeso	No se observaron daños en las secciones rellenas de la viga (contrapeso) ubicadas entre los bastiones y los accesos.	0	1	No hay recomendaciones.
4.4. Vigas Diafragma	No se tuvo acceso visual a los diafragmas internos de la superestructura.	NI	-	Realizar una inspección en el interior de la viga cajón. Se debe considerar que dicha inspección requiere utilizar equipo especial para acceder dentro de la viga.

Tabla No. 5. Estado de conservación de la subestructura

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
5.1. Apoyos en bastiones	<p>No se tuvo acceso visual a los apoyos sobre el bastión 2 debido a la acumulación de sedimentos sobre dicho bastión (ver figura 9).</p> <p>Los apoyos del bastión 1 presentan contacto con sedimentos (ver figura 13) y deterioro del sistema de protección contra la corrosión de los elementos metálicos (ver figura 14).</p>	2	4	Limpiar urgentemente los sedimentos que están en contacto con los apoyos ubicados sobre el bastión 2. Realizar las correcciones necesarias al sistema de drenaje del acceso 2 para evitar dicho problema.

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN	
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P17-2017	Página 22/65
		VERSIÓN 04

Tabla No. 5. Estado de conservación de la subestructura

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
5.1 Apoyos en bastiones (continuación)	<p>La presencia de sedimentos puede afectar la capacidad de desplazamiento del apoyo, pudiendo inducir esfuerzos en el puente para los cuales no fue diseñado y producir daño en el futuro.</p> <p>Además, el contacto con sedimentos húmedos puede inducir el ingreso de humedad en el apoyo y el deterioro de sus componentes.</p>	2	4	<p>Después de realizar la limpieza proceder con una evaluación detallada de los apoyos para determinar su estado actual y determinar las medidas a implementar para asegurar su correcto funcionamiento. Procurar la asesoría del fabricante o de un especialista en apoyos de disco confinado para determinar las acciones a implementar. En el Anexo B se incluye el Manual de Instalación, Inspección y Mantenimiento de los apoyos de disco confinado publicado por el fabricante de los apoyos (FIP Industriale, 2003).</p> <p>Establecer un programa periódico que incluya entre otras labores el mantenimiento de los apoyos con base en las recomendaciones del fabricante o del especialista.</p>
5.2. Bastiones	El bastión 2 está en contacto con sedimentos y está sometido a la descarga de agua proveniente de los accesos (ver figura 9).	1	3	Ver 3.8 <i>Sistema de drenaje de los accesos.</i>
5.3. Aletones	El puente no cuenta con aletones.	NA	NA	No aplica.
5.4. Cimentaciones (bastiones)	No fue posible tener acceso visual a las cimentaciones.	NI	-	No hay recomendaciones.

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN	
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P17-2017	Página 23/65
		VERSIÓN 04

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

ELEMENTOS	OBSERVACIONES	GD	CE	RECOMENDACIONES
5.1. Longitud de asiento en bastiones y pilas	Debido a la estructuración particular del puente, con una sección de viga rellena de lastre que funciona como contrapeso en el proceso constructivo, la longitud de asiento es de 47,4 metros, por lo que la longitud de asiento no aplica.	0	1	No hay recomendaciones.
5.2. Dispositivos para prevención de colapso (llaves de corte)	No se observaron daños en las llaves de cortante sobre los bastiones	0	1	No hay recomendaciones.
5.3. Protección de taludes de relleno	Los taludes no cuentan con protección contra la erosión.	1	2	Evaluar la necesidad de proteger los taludes de relleno.
5.4. Protección de taludes frente al bastión	Los taludes frente a los bastiones no presentan protección contra la erosión.	1	2	Evaluar la necesidad de proteger los taludes frente a los bastiones contra la erosión.
5.5. Protección de socavación en pilas	No aplica	NA	NA	No aplica
5.6. Cauce del río	No se observaron obstrucciones al cauce bajo el puente que afecten las laderas del cañón del río frente a los bastiones.	0	1	No hay recomendaciones.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN	Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P17-2017	Página 24/65



Figura 1. Ausencia de marcadores de objeto y faltante de elementos en el guardavías del acceso 1.



Figura 2. Demarcación horizontal en mal estado

Informe LM-PIE-UP-P14-2017	Agosto, 2017	Página 24 de 65
----------------------------	--------------	-----------------

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN	Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P17-2017	Página 25/65



Figura 3. Acumulación de sedimentos en el bordillo del costado noreste y ancho del bordillo de seguridad que no cumple con Ley 7600.



Figura 4. Ausencia de tubos de extensión en los drenajes de la superestructura y evidencia de descarga de agua sobre la viga principal

Informe LM-PIE-UP-P14-2017	Agosto, 2017	Página 25 de 65
----------------------------	--------------	-----------------

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P17-2017	Página 26/65	VERSIÓN 04



Figura 5. Obstrucción por acumulación de sedimentos y basura en el drenaje de la junta de expansión



Figura 6. Desprendimiento de agregado en el pavimento del acceso 1.

Informe LM-PIE-UP-P14-2017	Agosto, 2017	Página 26 de 65
----------------------------	--------------	-----------------

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P17-2017	Página 27/65	VERSIÓN 04



Figura 7. Desprendimiento de agregado y exudación en el pavimento del acceso 2



Figura 8. Patrón de agrietamiento en la losa de aproximación del acceso 2.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P17-2017		Página 28/65



Figura 9. Descarga de agua y acumulación de sedimentos sobre el bastión 2 y sus apoyos.



Figura 10. Agrietamiento en dos direcciones en la cercanía del acceso 1

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444	
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P17-2017	Página 29/65	VERSIÓN 04



Figura 11. Agrietamiento en una dirección



Figura 12. Desprendimiento de concreto del tablero con exposición de la barra de refuerzo.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN	Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P17-2017	Página 30/65



Figura 13. Apoyo sobre el bastión 1 en contacto con sedimentos



Figura 14. Oxidación y deterioro del sistema de protección contra la corrosión de apoyo sobre el acceso 1

Informe LM-PIE-UP-P14-2017	Agosto, 2017	Página 30 de 65
----------------------------	--------------	-----------------

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P17-2017	Página 31/65	VERSIÓN 04

6. COMPARACIÓN DE LA CONDICIÓN ACTUAL RESPECTO A LAS EVALUACIONES ANTERIORES

El puente sobre el río Virilla 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. Informes utilizados para las evaluaciones históricas de la condición del puente sobre el río Virilla

Identificación de Informe	Fecha de evaluación en sitio	Fecha de emisión del informe
LM-PI-UP-PC08-2011	06-JUL-2011	Octubre, 2011
INF-PI-UGERVN-14-2014	12-ENE-2015	Marzo, 2015
INF-PI-UGERVN-05-2016	24-FEB-2016	Mayo, 2016
LM-PIE-UP-P14-2017 (este informe)	14-MAR-2017	Agosto, 2017

Para determinar si los deterioros observados durante la evaluación visual efectuada el día 14 de marzo 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-P14-2017	Agosto, 2017	Página 31 de 65
----------------------------	--------------	-----------------

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN	
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P17-2017	Página 32/65
		VERSIÓN 04

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

INFORME	LM-PI-UP-PC08-2011		INF-PI-UGERVN-14-2014		INF-PI-UGERVN-05-2016		LM-PIE-UP-P14-2017		
	GD	CE _i	GD	CE _i	GD	CE _i	GD	CE _i	
SEGURIDAD VIAL	Barrera vehicular (puente)	0	1	NI		NI		0	1
	Barrera vehicular (accesos)	0	1	NI		NI		0	1
	Aceras	1	2	NI		NI		1	2
	Señalización Vial	0	1	NI		NI		3	3
	Rotulación Carga/Altura Máxima	0	1	NI		NI		0	1
	Iluminación	3	3	NI		NI		3	3
ACCESORIOS	Superficie de rodamiento (puente)	NA		NA		NA		NA	
	Sistema de drenaje del puente	2	2	NI		NI		2	2
	Juntas de expansión	2	2	0	1	2	2	2	2
ACCESOS	Superficie de rodamiento (acceso)	NI		NI		NI		1	1
	Relleno de aproximación	0	1	NA		NA		0	1
	Losa de aproximación	NI		NI		NI		1	2
	Muros de contención en accesos	NA		NA		NA		NA	
SUPERESTRUCTURA TIPO CAJÓN	Tablero	1	3	1	3	1	3	1	3
	Cajón de concreto	0	1	NI		NI		0	1
	Viga contrapeso	0	1	NI		NI		1	2
	Vigas diafragma de concreto	NI		NI		NI		NI	
SUBESTRUCTURA	Apoyos	2	4	2	4	2	4	2	4
	Aletones	NA		NA		NA		NA	
	Bastiones: Viga cabezal	0	1	0	1	0	1	0	1
	Bastiones: Cuerpo	1	3	1	3	1	3	1	3
	Bastiones: Cimentación	NI		NI		NI		NI	
ELEMENTOS DE PROTECCIÓN SÍSMICA	Longitud de asiento (pedestales)	NI		NI		NI		0	1
	Llaves de corte	0	1	0	1	0	1	0	1
	Cadenas/ anclajes/ postensión externa	NA		NA		NA		NA	
	Dispositivos especiales	NA		NA		NA		NA	
ELEMENTOS DE PROTECCIÓN HIDRÁULICA	Protección de taludes de rellenos	1	2	NA		NA		1	2
	Protección de taludes frente a bastiones	1	2	NA		NA		1	2
	Protección de socavación en pilas	NA		NA		NA		NA	

NOTA: NI: Elemento no inspeccionado NA: Elemento no forma parte del puente

De los grados de condición mostrados en la tabla No. 8 se detalla lo siguiente:

1. Con respecto al estado de los elementos de seguridad vial la condición no ha cambiado entre las evaluaciones del 2011 y del 2017, a excepción en la demarcación horizontal que ha empeorado. En las evaluaciones intermedias del 2015 y 2016 no se evidenció alguna atención que mejorara el estado de los elementos inspeccionados.
2. Con respecto a las juntas de expansión en el año 2011 se evidenció faltante de elementos, que fueron restituidos según se observó en la evaluación del 2014. Sin

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P17-2017	Página 33/65	VERSIÓN 04

embargo, el estado de conservación volvió a ser calificado con un CE=2 debido a la presencia de obstrucciones en la junta y su sistema de drenaje.

3. Con respecto al estado de conservación del tablero, los bastiones y los apoyos, no se ha observado mejoría alguna, lo que es evidencia de que no se han atendido o se han atendido de manera no efectiva.
4. Con respecto al estado de los apoyos, se ha observado en todas las evaluaciones contacto con sedimentos y humedad, evidencia de que no se ha atendido dicha deficiencia.

Por lo tanto, se demuestra que desde la primera evaluación que se realizó, se han efectuado medidas de atención que no fueron efectivas o los elementos no han sido atendidos del todo. Por esta razón, se brindan las recomendaciones contenidas en las Tablas No. 2 a No. 6 como insumo 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-P17-2017	Página 34/65	VERSIÓN 04

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

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

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

CATEGORÍA	CONDICIÓN	DESCRIPCIÓN	
		Integridad Estructural y Seguridad Vial	Necesidad de Atención
4	SERIA	<p>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</p>	<p><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</p>

La calificación anterior se brinda por lo siguiente:

- a. Los apoyos sobre el bastión 2, que son elementos principales del puente, están cubiertos con sedimentos y los apoyos el bastión 1 presentan deterioro del sistema de protección contra la corrosión. La presencia de sedimentos puede afectar la capacidad de desplazamiento de los apoyos, pudiendo inducir esfuerzos para los cuales el puente no fue diseñado y producir daño en el futuro.

Además, se observó lo siguiente:

- b. Agrietamiento en dos direcciones en la losa del tablero de concreto en las cercanías de los accesos. Además agrietamiento en una dirección y desprendimientos puntuales del recubrimiento en la losa de concreto del tablero.

Informe LM-PIE-UP-P14-2017	Agosto, 2017	Página 34 de 65
----------------------------	--------------	-----------------

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P17-2017	Página 35/65	VERSIÓN 04

- c. El ancho de las aceras es menor al mínimo requerido por la ley 7600, considerando que en tránsito peatonal está prohibido en la ruta, pero hay poblaciones cercanas al puente.
- d. Ausencia de marcadores de objeto y de un sistema de iluminación en los accesos.
- e. Obstrucción parcial del sistema de drenaje de la junta de expansión del acceso 2.
- f. Los drenajes no cuentan con un sistema de tuberías que eviten la descarga de agua sobre la viga cajón.
- g. Los taludes laterales de los rellenos y los taludes frente a los bastiones no cuentan con un sistema de protección contra la erosión.
- h. Acumulación de sedimentos en los bordillos y obstrucción de los ductos de drenaje del puente.
- i. Agrietamiento puntual en la losa de aproximación del acceso 2.
- j. Deficiencias en el sistema de drenaje del acceso 2 que permite la descarga de agua y sedimentos sobre el bastión 2 y sus apoyos.
- k. Faltante de elementos en barrera vehicular de los accesos.
- l. Desprendimiento de agregado y exudación en el pavimento de la superficie de rodamiento de los accesos.
- m. Demarcación horizontal en mal estado.

Las deficiencias de los puntos a, b, d y e fueron reportadas en los informes LM-PI-UP-PC08-2012, INF-PI-UGERVN-14-2014 y INF-PI-UGERVN-05-2016, según se detalla en el capítulo 6 de este informe. Por lo tanto, se evidencia que desde la primera evaluación que se efectuó, se han realizado medidas de atención que no fueron efectivas o los elementos no han sido atendidos.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P17-2017	Página 36/65	VERSIÓN 04

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

1. Realizar una inspección detallada del tablero incluyendo el cálculo de la capacidad de carga. Si el análisis no evidencia problemas de capacidad de carga reparar las grietas y desprendimientos de la losa de concreto del tablero con procedimientos y productos adecuados para las condiciones del puente.
2. Limpiar urgentemente los sedimentos que están en contacto con los apoyos ubicados sobre el bastión 2. Después de realizar la limpieza realizar una evaluación detallada de los apoyos, incluyendo la deformación permanente en el sentido longitudinal del puente. Procurar la asesoría del fabricante del sistema de apoyos.
3. Evaluar la necesidad de aumentar el ancho de las aceras para que cumpla con el ancho mínimo requerido en la ley 7600.
4. Colocar marcadores de objeto en los accesos del puente detrás de los guardavías, frente a la barrera rígida del puente y frente a los extremos de los guardavías.
5. Evaluar la necesidad de proveer de un sistema de iluminación en los accesos.
6. Eliminar las obstrucciones y sedimentos en la junta de expansión del acceso 2 y extender el drenaje de tal manera que no descargue agua sobre la superestructura.
7. Instalar un sistema de tuberías conectado a los ductos de drenaje de la superestructura de tal forma que se evite la descarga de agua sobre la viga cajón.
8. Evaluar la necesidad de proveer a los taludes laterales de los rellenos de aproximación y a los taludes frente a los bastiones de un sistema de protección contra la erosión.
9. Evaluar el estado actual de la losa de aproximación del acceso 2 para determinar las medidas a implementar para garantizar su correcto funcionamiento
10. Corregir las deficiencias observadas en el sistema de contención vehicular de los accesos.

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P17-2017	Página 37/65	VERSIÓN 04

11. Establecer un programa periódico que incluya, entre otras labores de mantenimiento: sustitución y reposición de elementos de señalización vial, pintura de la demarcación horizontal, limpieza de acumulación de sedimentos en bordillos y ductos de drenaje, reposición de elementos de juntas de expansión y su limpieza, mantenimiento de los apoyos de disco confinado, eliminación de vegetación en elementos del puente, sellado de grietas no estructurales, eliminación de obstrucciones en las juntas de expansión, reparación del sistema de drenaje de los accesos, reparación del pavimento de la superficie de rodamiento de los accesos, etc. Seguir en donde sea aplicable, los procedimientos descritos en el Manual de Especificaciones generales para la conservación de carreteras, caminos y puentes MCV-2015 (MOPT, 2015b).

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

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P17-2017	Página 38/65	VERSIÓN 04

8. REFERENCIAS

1. AASHTO (2014). *LRFD Bridge Design Specifications. Seventh Edition with 2015 Interim Revisions*. American Association of State Highway and Transportation Officials. Washington, D.C., USA.
2. AASHTO (2014). *Manual for Bridge Element Inspection. First Edition with 2015 Interim Revisions*. American Association of State Highway and Transportation Officials. Washington, D.C., USA.
3. 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.
4. 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.
5. FIP Industriale (2003). *Installation, Inspection and Maintenance Manual for the PTFE-Steel Pot Bearings*. Technical Department, Padova, Italy.
6. MOPT (2007). *Manual de Inspección de Puentes*. Primera Edición. Dirección de Puentes. Ministerio de Obras Públicas y Transportes. San José, Costa Rica.
7. 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.
8. 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.

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P17-2017	Página 39/65	VERSIÓN 04

9. MOPT (2014). *Revisión al Manual de Inspección de Puentes, Primera Edición 2007. Actualización del capítulo 5.* Primera Edición. Dirección de Puentes. Ministerio de Obras Públicas y Transportes. San José, Costa Rica.
10. MOPT (2015b). *Manual de especificaciones generales para la conservación de caminos, carreteras 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., et al. (2015). *Actualización de los criterios para la evaluación visual de puentes LM-PI-UP-05-2015.* San José, Costa Rica: Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA), LanammeUCR.
12. Quirós-Serrano, C., Castillo-Barahona, R., Loria-Salazar, L.G. (2011). *Inspección del puente sobre el río Virilla Ruta Nacional No. 27 LM-PI-UP-PC08-2011.* San José, Costa Rica: Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA), LanammeUCR.
13. 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.
14. Valverde-Cordero, C., Garro-Mora, J. F., Naranjo-Ureña, R., Ruiz-Cubillo, P., Villalobos-Vega, E., Barrantes-Jiménez, R., Loria-Salazar, L. 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 Ingeniería del Transporte (PITRA), LanammeUCR.
15. Valverde-Cordero, C., Naranjo-Ureña, R., Ruiz-Cubillo, P., Villalobos-Vega, E., Barrantes-Jiménez, R., Loria-Salazar, L. G. (2016). *Informe de evaluación del Proyecto San José Caldera Ruta Nacional 27 Año 2015 - 2016 INF-PI-UGERVN-05-16.* San José, Costa Rica: Programa de Ingeniería del Transporte (PITRA), LanammeUCR.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P17-2017	Página 40/65	VERSIÓN 04

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-P17-2017	Página 41/65	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-P17-2017	Página 42/65	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-P17-2017	Página 43/65	VERSIÓN 04

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

El procedimiento de evaluación considera las siguientes variables:

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

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P17-2017	Página 44/65	VERSIÓN 04

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

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

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

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

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

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

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

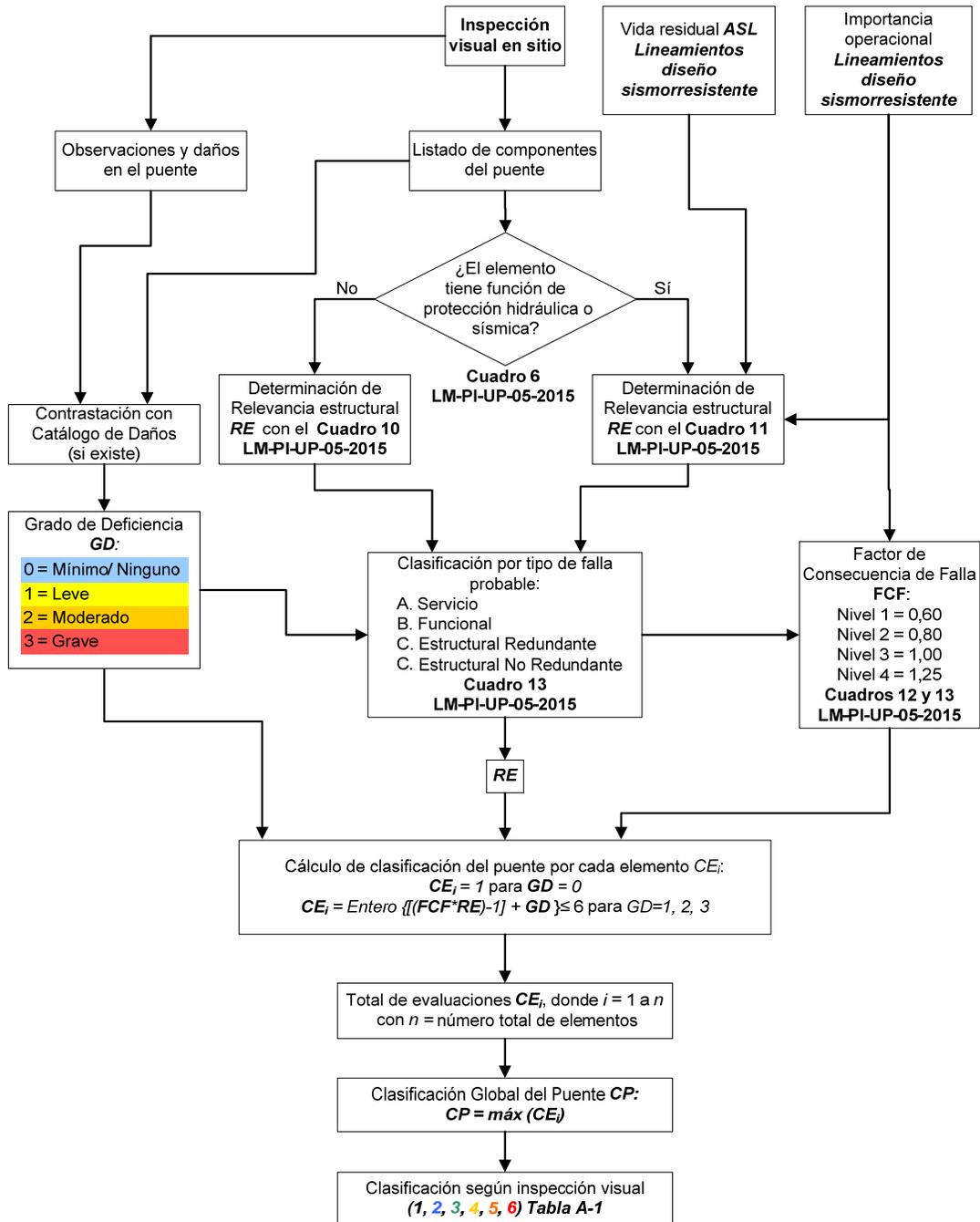


Figura A-1. Diagrama de flujo con metodología para calificar cualitativamente la condición del puente de acuerdo con informe LM-PI-UP-05-2015

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR		Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN		
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P17-2017	Página 46/65	VERSIÓN 04

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

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

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	Código: RC-444
	INFORME DE EVALUACIÓN	
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P17-2017	Página 47/65
		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	Río Virilla Ruta No. 27	Importancia Operacional (LDSP 2013)	Crítico				
Fecha Evaluación	14/03/2017	TPD (veh/día)	64601				
Año de construcción o diseño	2002	Vida de diseño según código (años)	50				
		DESCRIPCIÓN DE DAÑOS O REFERENCIA A TABLA DE INFORME	TIPO DE FALLA				
	ELEMENTO	RE	GD	FCF	CE_i		
SEGURIDAD VIAL	Barrera vehicular (puente)	2	0	Tabla 2, aspecto 2.1	B	1	1
	Barrera vehicular (accesos)	1	0	Tabla 2, aspecto 2.2	A	0.6	1
	Aceras	2	1	Tabla 2, aspecto 2.3	B	1	2
	Señalización Vial	1	3	Tabla 2, aspecto 2.5	A	0.6	3
	Rotulación Carga/Altura Máxima	1	0	Tabla 2, aspecto 2.4	A	0.6	1
	Iluminación	1	3	Tabla 2, aspecto 2.6	A	0.6	3
ACCESORIOS	Superficie de rodamiento (puente)	1	No Aplica	Tabla 3, aspecto 3.1	A	0.6	
	Sistema de drenaje del puente	1	2	Tabla 3, aspecto 3.2	A	0.6	2
	Junta de expansión	1	2	Tabla 3, aspecto 3.3	A	0.6	2
ACCESOS	Superficie de rodamiento (acceso)	1	1	Tabla 3, aspecto 3.4	A	0.6	1
	Relleno de aproximación	2	0	Tabla 3, aspecto 3.5	B	1	1
	Losa de aproximación	2	1	Tabla 3, aspecto 3.7	B	1	2
	Muros de contención en accesos	2	No Aplica	Tabla 3, aspecto 3.6	B	1	
SUPERESTRUCTURA TIPO CAJÓN	Tablero	3	1	Tabla 4, aspecto 4.1	C	1	3
	Cajón de concreto	3	0	Tabla 4, aspecto 4.2	C	1	1
	Viga contrapeso	2	1	Tabla 4, aspecto 4.3	B	1	2
	Vigas diafragma de concreto o acero	2	No Insp.	Tabla 4, aspecto 4.3	B	1	
SUBESTRUCTURA	Apoyos	3	2	Tabla 5, Aspecto 5.1	C	1	4
	Aletones	2	No Aplica	Tabla 5, Aspecto 5.3	B	1	
	Bastiones: Viga cabezal	3	0	Tabla 5, Aspecto 5.2	C	1	1
	Bastiones: Cuerpo	3	1	Tabla 5, Aspecto 5.2	C	1	3
	Bastiones: Cimentación	3	No Insp.	Tabla 5, Aspecto 5.4	C	1	
ELEMENTOS DE PROTECCIÓN SÍSMICA	Longitud de asiento (pedestales)	3	0	Tabla 6, Aspecto 6.1	C	1	1
	Llaves de corte	3	0	Tabla 6, Aspecto 6.2	C	1	1
ELEMENTOS DE PROTECCIÓN	Cadenas/ anclajes/ postensión externa	3	No Aplica	Tabla 6, Aspecto 6.2	C	1	
	Dispositivos especiales	3	No Aplica	Tabla 6, Aspecto 6.2	C	1	
ELEMENTOS DE PROTECCIÓN	Protección de taludes de rellenos	2	1	Tabla 3, Aspecto 3.8	C	1	2
	Escollera de protección	2	1	Tabla 6, Aspecto 6.4	C	1	2
	Protección de socavación en pilas	3	No Aplica	Tabla 6, Aspecto 6.5	C	1	
						CP =	4
							Condición Seria

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

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P17-2017	Página 48/65	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-P17-2017	Página 49/65	VERSIÓN 04

ANEXO B

Manuales de instalación, inspección y mantenimiento para los apoyos tipo “PTFE-STEEL Pot Bearing” publicados por la empresa FIP Industriale.

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P17-2017	Página 50/65	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
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 el río Virilla 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-P17-2017	Página 52/65

 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 2 15

TABLE OF CONTENTS

1.0. - <u>SCOPE</u>	3
2.0. - <u>TEMPORARY STORAGE PRIOR TO INSTALLATION</u>	3
3.0. - <u>HANDLING</u>	4
4.0. - <u>PRE-ADJUSTMENT</u>	4
5.0. - <u>PRELIMINARY CHECKS</u>	5
6.0. - <u>INSTALLATION</u>	6
6.1 STEEL SUBSTRUCTURE	6
6.2 STEEL SUPERSTRUCTURE	6
7.0. - <u>PLACEMENT IN SERVICE</u>	6
8.0. - <u>ROUTINE INSPECTION</u>	7
8.1. - SEQUENCE OF OPERATIONS	8
8.2. - MEASURING INSPECTION TOOLS AND ANCILLARY EQUIPMENT	9
9.0. - <u>DAMAGED PTFE REPLACEMENT</u>	10
9.1. - SEQUENCE OF OPERATIONS	10
10.0. - <u>BEARING REPLACEMENT</u>	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-P17-2017	Página 53/65

 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.

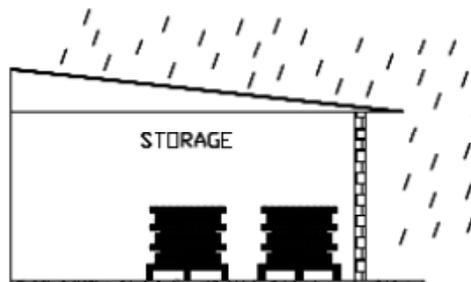
The operations undertaken for a substitution shall be decided and agreed with the FIP Industriale Technical Department and shall require adequate specifications.

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-P17-2017	Página 54/65

 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-P14-2017	Agosto, 2017	Página 54 de 65
----------------------------	--------------	-----------------

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN	Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P17-2017	Página 55/65

 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-P14-2017	Agosto, 2017	Página 55 de 65
----------------------------	--------------	-----------------

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN	Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P17-2017	Página 56/65

 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 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-P14-2017	Agosto, 2017	Página 56 de 65
----------------------------	--------------	-----------------

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P17-2017		Página 57/65

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

8.0. - ROUTINE INSPECTION

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

EN 1337 Part 10 - Inspection and maintenance - 2004

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

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

In the routine inspection the following properties shall be checked:

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

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

Informe LM-PIE-UP-P14-2017	Agosto, 2017	Página 57 de 65
----------------------------	--------------	-----------------

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN		Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P17-2017		Página 58/65

 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 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-P14-2017	Agosto, 2017	Página 58 de 65
----------------------------	--------------	-----------------

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN	Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P17-2017	Página 59/65

 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-P17-2017	Página 60/65	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 10 15

9.0. - DAMAGED PTFE REPLACEMENT

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

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

9.1. - *Sequence of Operations*

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

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

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN	Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P17-2017	Página 61/65

 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-P14-2017	Agosto, 2017	Página 61 de 65
----------------------------	--------------	-----------------

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN	Código: RC-444
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P17-2017	Página 62/65

 FIP INDUSTRIALE <small>Via Scapicchi, 41 - 36000 SELVAZZANO DENTRO - PD - ITALY Internet: http://www.fip-group.it E-mail: fip@fip-group.it Tel: +39-049-822511 Fax: +39-049-638567</small>	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) loose 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-P17-2017	Página 63/65

 FIP INDUSTRIALE <small>Via Scapicchi, 41 - 36000 SELVAZZANO DENTRO - PD - ITALY Internet: http://www.fip-group.it E-mail: fip@fip-group.it Tel: +39-049-822511 Fax: +39-049-638567</small>	UFFICIO TECNICO TECHNICAL DEPARTMENT	TP Rev. 0
	TECHNICAL DEPARTMENT	Page of 13 15

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 boltfixing	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 overbad 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 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-P17-2017	Página 64/65

 FIP INDUSTRIALE Via Scapicchiò, 41 - 36000 SELVAZZANO DENTRO - PD - ITALY Internet: http://www.fip-group.it E-mail: fip@fip-group.it Tel: +39-049-822511 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-P17-2017	Página 65/65

 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-P14-2017	Agosto, 2017	Página 65 de 65
----------------------------	--------------	-----------------