

|  |   |                    |                       |
|--|---|--------------------|-----------------------|
| <br><b>LanammeUCR</b> | Universidad de Costa Rica<br>Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales<br>LanammeUCR |                    | Código:<br><br>RC-444 |
|  | INFORME DE EVALUACIÓN   |                    |                       |
|  | <b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P04-2019</b>  | <b>Página 1/49</b> | <b>VERSIÓN 07</b>     |

## Programa de Ingeniería Estructural

Proyecto: LM-PIE-UP-P04-2019

# EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PUENTE SOBRE EL RÍO TIBASITO RUTA NACIONAL No. 112

Preparado por:  
Unidad de Puentes  
LanammeUCR



San José, Costa Rica  
Mayo, 2019

|  |   |                    |                       |
|--|---|--------------------|-----------------------|
| <br><b>LanammeUCR</b> | Universidad de Costa Rica<br>Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales<br>LanammeUCR<br><br><b>INFORME DE EVALUACIÓN</b> |                    | Código:<br><br>RC-444 |
|  | <b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P04-2019</b>  | <b>Página 2/49</b> | <b>VERSIÓN 07</b>     |

Página intencionalmente dejada en blanco

|  |   |                    |                       |
|--|---|--------------------|-----------------------|
| <br><b>LanammeUCR</b> | Universidad de Costa Rica<br>Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales<br>LanammeUCR |                    | Código:<br><br>RC-444 |
|  | INFORME DE EVALUACIÓN   |                    |                       |
|  | <b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P04-2019</b>  | <b>Página 3/49</b> | <b>VERSIÓN 07</b>     |

Información técnica del documento

|  |  |  |                                  |
|--|--|--|----------------------------------|
| <b>1. Informe:</b> LM-PIE-UP-P04-2019  |  | <b>2. Copia No.</b> 1  |                                  |
| <b>3. Título y subtítulo:</b><br>EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PUENTE SOBRE EL RÍO TIBASITO<br>EN RUTA NACIONAL No.112  |  | <b>4. Fecha del Informe</b><br>Mayo, 2019  |                                  |
| <b>5. Organización y dirección</b><br>Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales<br>Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio,<br>San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica<br>Tel: (506) 2511-2500 / Fax: (506) 2511-4440  |  |  |                                  |
| <b>6. Notas complementarias</b><br>Ninguna   |  |  |                                  |
| <b>7. Resumen</b><br><i>Este informe de evaluación de la condición del puente sobre el río Tibasito en la Ruta Nacional No. 112, 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 SERIO. 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> |  |  |                                  |
| <b>8. Palabras clave</b><br>Puentes, Ruta Nacional No. 112, río Tibasito, Evaluación de condición.   |  | <b>9. Nivel de seguridad:</b><br>Ninguno   | <b>10. Núm. de páginas</b><br>49 |
| <b>11. Inspección e informe por:</b><br><br>Ing. Hellen Garita Durán<br>Unidad de Puentes  | <b>12. Inspección por:</b><br><br>Ing. Sergio Álvarez González<br>Unidad de Puentes    | <b>13. Inspección, revisión y aprobación por:</b><br><br>Ing. Esteban Villalobos Vega<br>Coordinador Unidad de Puentes |                                  |
| <b>14. Revisado y aprobado por:</b><br><br>Ing. Rolando Castillo Barahona<br>Coordinador Programa de Ingeniería Estructural  | <b>15. Revisado por:</b><br><br>Lic. Miguel Chacón Alvarado<br>Asesor Legal LanammeUCR |  |                                  |

|  |   |                    |                       |
|--|---|--------------------|-----------------------|
| <br><b>LanammeUCR</b> | Universidad de Costa Rica<br>Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales<br>LanammeUCR<br><br><b>INFORME DE EVALUACIÓN</b> |                    | Código:<br><br>RC-444 |
|  | <b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P04-2019</b>  | <b>Página 4/49</b> | <b>VERSIÓN 07</b>     |

Página intencionalmente dejada en blanco

|  |   |                    |                       |
|--|---|--------------------|-----------------------|
| <br><b>LanammeUCR</b> | Universidad de Costa Rica<br>Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales<br>LanammeUCR<br><br><b>INFORME DE EVALUACIÓN</b> |                    | Código:<br><br>RC-444 |
|  | <b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P04-2019</b>  | <b>Página 5/49</b> | <b>VERSIÓN 07</b>     |

## TABLA DE CONTENIDO

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>  | <b>7</b>  |
| <b>2. OBJETIVOS.....</b>   | <b>7</b>  |
| <b>3. ALCANCE DEL INFORME .....</b>  | <b>8</b>  |
| <b>4. DESCRIPCIÓN.....</b>   | <b>9</b>  |
| <b>5. ESTADO DE CONSERVACION Y SEGURIDAD VIAL DEL PUENTE.....</b>                  | <b>13</b> |
| <b>6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>                                     | <b>33</b> |
| <b>7. REFERENCIAS .....</b>  | <b>38</b> |
| <b>ANEXO A GLOSARIO.....</b>   | <b>40</b> |
| <b>ANEXO B CRITERIOS PARA CLASIFICAR EL ESTADO DE CONSERVACIÓN DEL PUENTE.....</b> | <b>43</b> |

|  |  |                    |                       |
|--|--|--------------------|-----------------------|
| <br><b>LanammeUCR</b> | Universidad de Costa Rica<br>Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales<br>LanammeUCR<br><br>INFORME DE EVALUACIÓN |                    | Código:<br><br>RC-444 |
|  | <b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P04-2019</b>   | <b>Página 6/49</b> | <b>VERSIÓN 07</b>     |

Página intencionalmente dejada en blanco

|                            |            |                |
|----------------------------|------------|----------------|
| Informe LM-PIE-UP-P04-2019 | Mayo, 2019 | Página 6 de 49 |
|----------------------------|------------|----------------|

|  |   |                    |                       |
|--|---|--------------------|-----------------------|
| <br><b>LanammeUCR</b> | Universidad de Costa Rica<br>Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales<br>LanammeUCR<br><br><b>INFORME DE EVALUACIÓN</b> |                    | Código:<br><br>RC-444 |
|  | <b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P04-2019</b>  | <b>Página 7/49</b> | <b>VERSIÓN 07</b>     |

## 1. INTRODUCCIÓN

Este informe de *evaluación* del puente sobre el Río Tibasito en la Ruta Nacional No. 112, 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 1 de noviembre de 2018.

## 2. OBJETIVOS

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

|   |   |                    |                       |
|---|---|--------------------|-----------------------|
|  | Universidad de Costa Rica<br>Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales<br>LanammeUCR |                    | Código:<br><br>RC-444 |
|   | INFORME DE EVALUACIÓN   |                    |                       |
|   | <b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P04-2019</b>  | <b>Página 8/49</b> | <b>VERSIÓN 07</b>     |

### 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 mismo, 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.

Como resultado de la *evaluación* se le asigna una condición 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 B 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 pueden obtener de los planos de diseño, si es que esta información está disponible. Las dimensiones obtenidas de los planos se pueden utilizar como referencia 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. Para este puente en particular no se tuvo acceso a los planos de diseño.


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.

Se debe tener claro de que el presente informe de *evaluación* de la condición presenta el estado de un solo puente perteneciente a una ruta en específico y a la Red Vial Nacional, y como tal su atención debe ser vista de forma integral en conjunto con las necesidades de los demás puentes del inventario bajo un esquema de un sistema de gestión de puentes y no respondiendo solamente a un criterio de intervención de “el peor primero”.

Finalmente, se indica que en el Anexo A se incluye un glosario de términos importantes, los cuales son resaltados con letra cursiva en el cuerpo del informe para su identificación.

|                            |            |                |
|----------------------------|------------|----------------|
| Informe LM-PIE-UP-P04-2019 | Mayo, 2019 | Página 8 de 49 |
|----------------------------|------------|----------------|

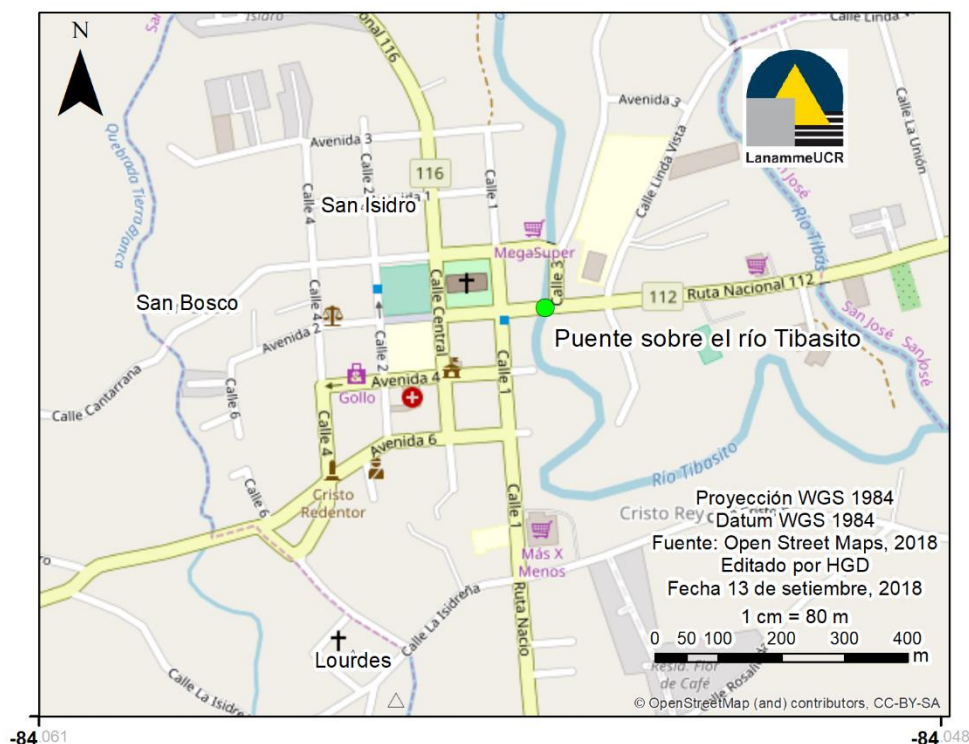


|  |   |                    |
|--|---|--------------------|
| <br><b>LanammeUCR</b> | Universidad de Costa Rica<br>Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales<br>LanammeUCR | Código:<br>RC-444  |
|  | <b>INFORME DE EVALUACIÓN</b>  |                    |
|  | <b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P04-2019</b>  | <b>Página 9/49</b> |
|  |   | <b>VERSIÓN 07</b>  |

#### 4. DESCRIPCIÓN

**Tabla No.A.** Características básicas de ubicación del puente y de la ruta.

|   |                                  |   |
|---|----------------------------------|---|
| <b>Ubicación</b>                                  | Provincia, Cantón, Distrito      | Heredia, San Isidro, San Isidro                   |
|   | Coordenadas (DMS.s) WGS84        | 10°01'1,5"N de latitud / 84°03'14,6"O de longitud |
|   | Río que cruza                    | Río Tibasito                                      |
| <b>Ruta Nacional en la que se ubica el puente</b> | Número de ruta                   | 112   |
|   | Tipo de ruta                     | Secundario  |
|   | Sección de control               | 40560   |
| <b>TPD - Anuario de Tránsito (MOPT, 2017)</b>     | Total                            | 9520  |
|   | Porcentaje de vehículos pesados  | 8,77%   |
|   | Porcentaje de camiones de 5 ejes | 0,27 %  |
|   | Año en que se realizó el conteo  | 2015  |



**Figura A.** Ubicación geográfica del puente sobre el río Tibasito. (Adaptado de Open Street Maps, 2018).

|  |   |                     |                       |
|--|---|---------------------|-----------------------|
| <br><b>LanammeUCR</b> | Universidad de Costa Rica<br>Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales<br>LanammeUCR<br><br><b>INFORME DE EVALUACIÓN</b> |                     | Código:<br><br>RC-444 |
|  | <b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P04-2019</b>  | <b>Página 10/49</b> | <b>VERSIÓN 07</b>     |

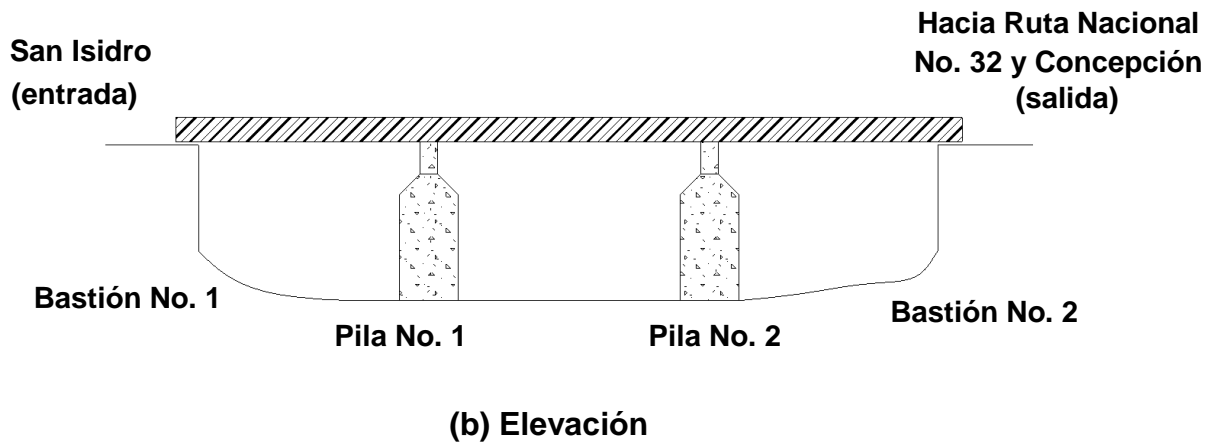
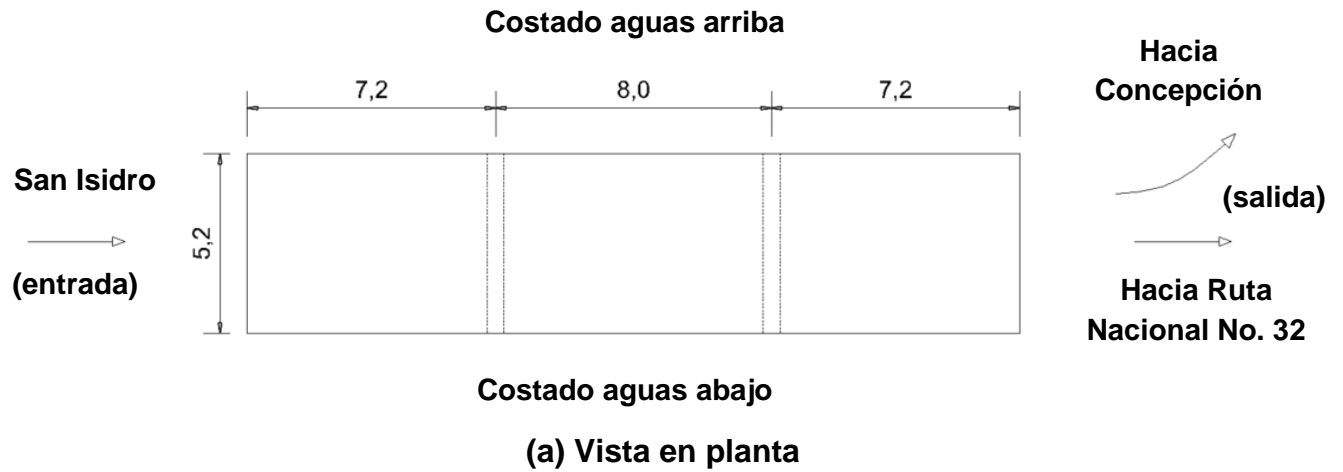


**Figura B.** Vista a lo largo de la línea de centro (vista hacia la Ruta Nacional No. 32).



**Figura C.** Vista lateral (costado aguas arriba).

|  |   |                     |
|--|---|---------------------|
| <br><b>LanammeUCR</b> | Universidad de Costa Rica<br>Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales<br>LanammeUCR<br><br><b>INFORME DE EVALUACIÓN</b> | Código:<br>RC-444   |
|  | <b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P04-2019</b>  | <b>Página 11/49</b> |



**Figura D.** Identificación utilizada para el puente sobre el río Tibasito.

|  |   |  |                       |
|--|---|--|-----------------------|
| <br><b>LanammeUCR</b> | Universidad de Costa Rica<br>Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales<br>LanammeUCR<br><br><b>INFORME DE EVALUACIÓN</b> |  | Código:<br><br>RC-444 |
|  | <b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P04-2019</b>  |  | <b>Página 12/49</b>   |

**Tabla No.B.** Características básicas del puente.

|  |  |  |
|--|--|--|
| <b>Geometría</b>   | Tipo de estructura   | Puente   |
|  | Longitud total (m)   | 22,40  |
|  | Ancho total (m)  | 5,20   |
|  | Ancho de calzada (m)   | 5,00   |
|  | Número de tramos   | 1  |
|  | Alineación del puente  | Recta  |
|  | Número de carriles   | 1  |
| <b>Superestructura</b>   | Número de superestructuras                                     | 1  |
|  | Tipo de superestructura (elementos principales)                | Superestructura 1, tipo viga continua con vigas principales tipo I de acero.                         |
|  | Tipo de tablero  | Losetas de concreto reforzado prefabricado.  |
| <b>Apoyos</b>  | Tipo de apoyo en bastiones                                     | Bastión 1: apoyo móvil.<br>Bastión 2: apoyo móvil.   |
|  | Tipo de apoyo en pilas   | Pila 1: no inspeccionado.<br>Pila 2: no inspeccionado.   |
| <b>Subestructura</b>   | Número de elementos  | 4  |
|  | Tipo de bastiones  | Bastión 1, tipo voladizo de concreto reforzado.<br>Bastión 2, tipo voladizo de concreto reforzado.   |
|  | Tipo de pilas  | Pila 1, tipo marco rígido de concreto reforzado.<br>Pila 2, tipo marco rígido de concreto reforzado. |
|  | Tipo de cimentación  | No se tiene información.   |
| <b>Diseño y construcción</b>   | Año de diseño  | No se tiene información.   |
|  | Año de construcción  | 1990-1994 (Según placa encontrada en el sitio)   |
|  | Especificación de diseño original                              | No se tiene información.   |
|  | Carga viva de diseño original                                  | No se tiene información.   |
|  | 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<br>Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales<br>LanammeUCR |                     | Código:<br><br>RC-444 |
|   | INFORME DE EVALUACIÓN   |                     |                       |
|   | <b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P04-2019</b>  | <b>Página 13/49</b> | <b>VERSIÓN 07</b>     |

## 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 en las Tablas No.1 a No.5, las cuales se presentan a continuación.

En dichas tablas se presentan dos columnas llamadas RE y GD, las cuales corresponden, respectivamente, a la Relevancia Estructural (RE) y al Grado de Deficiencia (GD) 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 B. El valor numérico de RE (varían entre 1 y 4) y se refiere a la importancia relativa del elemento respecto a todos los demás elementos en el sistema del puente. El valor numérico de GD (varían entre 0 y 3) y se refiere al estado de deterioro observado el día de la evaluación y se asigna 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 RE y GD 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.

|   |   |                   |
|---|---|-------------------|
|  | Universidad de Costa Rica<br>Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales<br>LanammeUCR | Código:<br>RC-444 |
|   | INFORME DE EVALUACIÓN   |                   |
| <b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P04-2019</b>  | <b>Página 14/49</b>   | <b>VERSIÓN 07</b> |

**Tabla No. 1.** Estado de la seguridad vial.

|   |  |  |
|---|--|--|
| <b>1.1. Sistema de contención vehicular del puente:</b>   | <b>RE = 2</b>  | <b>GD = 2</b>  |
| <p>El sistema de contención vehicular del puente no cumple con las especificaciones de la norma AASHTO LRFD (2017) ya que se utilizaron guardavías o sistemas de contención flexibles en lugar de barreras rígidas que contengan de forma adecuada y redirijan los vehículos (ver Figura 1.1(a)). Además, la conexión de los elementos verticales de la barrera con la superestructura no evidencia un diseño o detallado formal y adicionalmente están deteriorados, aspectos que pueden reducir aún más su desempeño (ver Figura 1.1(b)). Adicionalmente, se evidenció faltante de pernos en algunos de los traslapes entre elementos longitudinales de las barreras, utilizando para la conexión más bien soldadura, lo cual no es el detalle estándar para el cual está probado el sistema.</p> <p>Se observó que en el extremo aguas abajo no existe una extensión adecuada de la barrera (para proteger incluso a las personas a la entrada del puente peatonal) ni una terminación adecuada (ver Figura 1.1(c)).</p> |    | <p><b>Figura 1.1(a)</b> Guardavías o sistema de contención flexible utilizados como sistema de contención vehicular.</p> |
|   |  | <p><b>Figura 1.1(b)</b> Conexión de guardavías del puente.</p>   |
|   |  | <p><b>Figura 1.1(c)</b> Terminación de sistema de contención vehicular en acceso al puente, extremo aguas abajo.</p>     |

|   |   |                   |
|---|---|-------------------|
|  | Universidad de Costa Rica<br>Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales<br>LanammeUCR | Código:<br>RC-444 |
|   | INFORME DE EVALUACIÓN   |                   |
| <b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P04-2019</b>  | <b>Página 15/49</b>   | <b>VERSIÓN 07</b> |

**Tabla No. 1.** Estado de la seguridad vial (*continuación*).

|   |  |               |
|---|--|---------------|
| <b>1.2. Sistema de contención vehicular de los accesos:</b>   | <b>RE = 1</b>  | <b>GD = 2</b> |
| <p>En el costado aguas arriba se observaron sistemas de contención en el acceso y salida del puente (ver Figura 1.2(a) y Figura 1.2(b)). El sistema del costado aguas arriba (ver Figura 1.2(a)) tiene tan sólo una longitud de 1,5 m aproximadamente, cuenta con un solo elemento vertical, y no está anclado del todo en el extremo libre, las cuales no son condiciones adecuadas para evitar la caída de vehículos hacia el desnivel.</p> <p>En el costado aguas abajo se observó tanto en la entrada como en la salida del puente, una malla electro soldada (ver Figura 1.2(b) y Figura 1.2(c)), la cual tiene la función de guiar a los peatones; sin embargo, en ambos casos no existía ningún sistema de contención adecuado para los vehículos que protegiera a los peatones. Dada la cercanía entre ambas estructuras, y el alto tránsito peatonal, este sistema debería ser rígido.</p> |  <p><b>Figura 1.2(a)</b> Sistema de contención en extremo aguas arriba, acceso al puente.</p>  |               |
|   |  <p><b>Figura 1.2(b)</b> Salida del puente: sistema de contención en costado aguas arriba y ausencia de sistema de contención en costado aguas abajo.</p> |               |
|   |  <p><b>Figura 1.2(c)</b> Ausencia de sistema de contención vehicular en el acceso, costado aguas arriba.</p>   |               |

|   |   |                   |
|---|---|-------------------|
|  | Universidad de Costa Rica<br>Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales<br>LanammeUCR | Código:<br>RC-444 |
|   | INFORME DE EVALUACIÓN   |                   |
| <b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P04-2019</b>  | <b>Página 16/49</b>   | <b>VERSIÓN 07</b> |

**Tabla No. 1.** Estado de la seguridad vial (*continuación*).

| 1.3. Aceras, ciclovías y sus accesos:  | RE = NI  | GD = NI  |
|--|--|--|
| <p>Existía una estructura aladaña al puente que funcionaba como pasarela peatonal. En este informe no se incluye la evaluación detallada de la estructura aladaña; sin embargo, se considera pertinente mencionar algunos de los daños debido a que se apreciaban importantes deficiencias. En la Figura 1.3(a) se observa pérdida de sección debido a la corrosión, en los elementos que forman la malla. La malla estaba colocada en los laterales de la pasarela (como se describe en el apartado 1.2. <i>Sistema de contención vehicular de los accesos</i>). La Figura 1.3(b) muestra acumulación importante de sedimentos en el ala inferior de las vigas principales aguas arriba. Esto se observó principalmente en la viga de la pasarela ubicada aguas arriba. Otro daño visiblemente importante fue la pérdida de sección por corrosión en el ala inferior y alma de las vigas principales ubicadas aguas abajo (Figura 1.3(c)). Además, se observó pérdida de sección severa en los elementos laminados en caliente que fungen como vigas transversales (Figura 1.3(d)).</p> |  <p><b>Figura 1.3(a)</b> Corrosión con pérdida de sección en la malla.</p> |  <p><b>Figura 1.3(b)</b> Acumulación de sedimentos en ala inferior de viga principal del costado aguas arriba de la pasarela peatonal.</p> |





|   |   |                   |
|---|---|-------------------|
|  | Universidad de Costa Rica<br>Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales<br>LanammeUCR | Código:<br>RC-444 |
|   | INFORME DE EVALUACIÓN   |                   |
| <b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P04-2019</b>  | <b>Página 17/49</b>   | <b>VERSIÓN 07</b> |

**Tabla No. 1.** Estado de la seguridad vial (*continuación*).

|  |                |                |
|--|----------------|----------------|
| <b>1.3. Aceras, ciclovías y sus accesos (<i>continuación</i>):</b>   | <b>RE = NI</b> | <b>GD = NI</b> |
|                                  |                |                |
| <p><b>Figura 1.3(c)</b> Corrosión con pérdida de sección en viga principales de acero del costado aguas abajo.</p> |                |                |
|                                |                |                |
| <p><b>Figura 1.3(d)</b> Pérdida de sección severa en elementos transversales laminados en frío.</p>                |                |                |


|   |   |                   |
|---|---|-------------------|
|  | Universidad de Costa Rica<br>Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales<br>LanammeUCR | Código:<br>RC-444 |
|   | INFORME DE EVALUACIÓN   |                   |
| <b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P04-2019</b>  | <b>Página 18/49</b>   | <b>VERSIÓN 07</b> |

**Tabla No. 1.** Estado de la seguridad vial (*continuación*).

|   |  |   |
|---|--|---|
| <b>1.4. Señalización</b> (captaluces, demarcación horizontal, delineadores verticales, marcadores de objeto, rótulos de identificación):  | <b>RE = 1</b>  | <b>GD = 3</b>   |
| <p>En el acceso al puente se observó una placa que indicaba aparentemente la fecha de construcción del puente. No se observaron señales verticales u horizontales, ni captaluces, ni marcadores de objeto, ni delineadores verticales, tal y como se evidencia en la Figura 1.4(a).</p> <p>En la salida del puente tampoco se observó señalización horizontal ni marcadores de objeto. Sí había señales verticales que indicaban “No hay paso” debido a que el tránsito por el puente es en un solo sentido; sin embargo, la señalización es deficiente considerando que es un puente que se sitúa en el centro de un poblado y cuya ruta va hacia una carretera importante como lo es la Ruta Nacional No. 32.</p> |    | <p><b>Figura 1.4(a)</b> Falta de señalización horizontal, vertical y placa de construcción de puente.</p> |
|   |  | <p><b>Figura 1.4(b)</b> Ausencia de marcadores de objetos y demarcación horizontal en puente.</p>         |


|   |   |                           |
|---|---|---------------------------|
|  | <p>Universidad de Costa Rica<br/>Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales<br/>LanammeUCR</p> <p>INFORME DE EVALUACIÓN</p> | <p>Código:<br/>RC-444</p> |
|   | <p>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P04-2019</p>  | <p>Página 19/49</p>       |

**Tabla No. 1.** Estado de la seguridad vial (*continuación*).

|  |  |
|--|--|
| <p><b>1.5. Iluminación:</b></p>  | <p><b>RE = 1</b>   <b>GD = NI</b></p>  |
| <p>Cerca de la entrada al puente se encontraba un poste de iluminación (ver Figura 1.5), pero no fue posible comprobar su correcto funcionamiento. Se considera que con una adecuada y completa señalización vial, así como su mantenimiento, no es necesaria la iluminación en el puente debido a su longitud. Sin embargo, debido a su ubicación en el centro de un poblado y dado el alto tránsito peatonal evidenciado, se recomienda comprobar su funcionamiento y corregirlo en caso de ser necesario.</p> |  <p><b>Figura 1.5</b> Poste de iluminación cerca del acceso al puente.</p> |



|   |   |  |
|---|---|--|
|  | Universidad de Costa Rica<br>Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales<br>LanammeUCR | Código:<br>RC-444                        |
|   | INFORME DE EVALUACIÓN<br><b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P04-2019</b>                                       | <b>Página 20/49</b><br><b>VERSIÓN 07</b> |

**Tabla No. 2.** Estado de conservación de la superficie de rodamiento, accesorios y accesos.

|  |  |  |
|--|--|--|
| <b>2.1. Superficie de rodamiento del puente:</b>   | <b>RE = 1</b>  | <b>GD = 3</b>  |
| <p>La superficie de rodamiento del puente presenta irregularidades debido a las reparaciones del asfalto en la unión entre losetas (Ver <b>3.1. Tablero</b>). Se percibe que las reparaciones estaban relacionadas con agrietamiento transversal producto de que el tablero no es rígido, sino que las losetas prefabricadas se mueven relativas unas a otras y este movimiento produce las grietas. En la Figura 2.1(a) y Figura 2.1(b) se comprueba lo mencionado anteriormente.</p> |    | <p><b>Figura 2.1(a) Reparaciones en superficie de rodamiento en puente, vista desde acceso del puente.</b></p> |
|  |   | <p><b>Figura 2.1(b) Reparaciones en superficie de rodamiento en puente, vista desde salida del puente.</b></p> |
| <b>2.2. Bordillos y sistema de drenaje del puente:</b>   | <b>RE = 1</b>  | <b>GD = 3</b>  |
| <p>El puente no contaba con bordillos o sistemas de drenaje, tal y como se evidencia en la Figura 2.2, lo cual hacía que el agua drenara por tensión superficial y efecto del viento hacia la superestructura, aumentando el riesgo de deterioro.</p>  |  | <p><b>Figura 2.2 Ausencia de sistema de drenaje en el puente.</b></p>  |

|   |   |                     |                       |
|---|---|---------------------|-----------------------|
|  | Universidad de Costa Rica<br>Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales<br>LanammeUCR |                     | Código:<br><br>RC-444 |
|   | INFORME DE EVALUACIÓN   |                     |                       |
|   | <b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P04-2019</b>  | <b>Página 21/49</b> | <b>VERSIÓN 07</b>     |

**Tabla No. 2.** Estado de conservación de la superficie de rodamiento, accesorios y accesos (continuación).

|   |  |                |
|---|--|----------------|
| <b>2.3. Juntas de expansión:</b>  | <b>RE = 1</b>  | <b>GD = 3</b>  |
| <p>No se observaron las juntas de expansión ya que se encontraban cubiertas por la sobrecapa asfáltica, como se observa en la Figura 2.3.</p> |    |                |
| <p align="center"><b>Figura 2.3 Junta de expansión cubierta en salida del puente.</b></p>   |  |                |
| <b>2.4. Superficie de rodamiento de los accesos:</b>  | <b>RE = 1</b>  | <b>GD = 0</b>  |
| <p>No se observaron daños en la superficie de rodamiento ni en el acceso ni en la salida del puente (ver Figura 2.4).</p>                     |  |                |
| <p align="center"><b>Figura 2.4 Superficie de rodamiento en buena condición en acceso al puente.</b></p>                                      |  |                |
| <b>2.5. Rellenos de aproximación y taludes de accesos:</b>  | <b>RE = NA</b>   | <b>GD = NA</b> |
| <p>El puente no requería de rellenos de aproximación.</p>   | <p>No hay fotografía asociada.</p>   |                |
| <b>2.6. Muros de retención de los accesos:</b>  | <b>RE = NA</b>   | <b>GD = NA</b> |
| <p>El puente no requería de muros de retención en los accesos.</p>  | <p>No hay fotografía asociada.</p>   |                |

|   |   |                   |
|---|---|-------------------|
|  | Universidad de Costa Rica<br>Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales<br>LanammeUCR | Código:<br>RC-444 |
|   | INFORME DE EVALUACIÓN   |                   |
| <b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P04-2019</b>  | <b>Página 22/49</b>   | <b>VERSIÓN 07</b> |

**Tabla No. 2.** Estado de conservación de la superficie de rodamiento, accesorios y accesos (continuación).




|   |  |                |
|---|--|----------------|
| <b>2.7. Losa de aproximación:</b>   | <b>RE =</b> NI   | <b>GD =</b> NI |
| No fue posible observar la losa de aproximación.  | No hay fotografía asociada.  |                |
| <b>2.8. Sistema de drenaje de los accesos:</b>  | <b>RE =</b> 1  | <b>GD =</b> 3  |
| <p>En el acceso 1 del puente, costado aguas arriba (Figura 2.4(a)), se observó que el terreno estaba impermeabilizado pero el agua corría sin ser canalizada de manera adecuada al río. Al momento de la inspección, no se observaron daños en el concreto del área impermeabilizada, sin embargo, no se tiene información de la fecha en la que se realizó la impermeabilización y por lo tanto del tiempo de servicio que lleva en operación.</p> <p>En el acceso del puente del costado agua abajo, no había sistema de drenaje (ver Figura 2.4(b)), aunque estaba impermeabilizado y no se observaron daños.</p> <p>Tampoco se observó sistema de drenaje en el otro extremo del puente (salida), ni aguas arriba ni aguas abajo.</p> |  <p data-bbox="1136 745 1356 850">Salida de alcantarilla</p> <p data-bbox="1193 1092 1347 1134">01.11.2018</p>  |                |

**Figura 2.4(a)** Impermeabilización en acceso del puente, costado aguas arriba.

**Figura 2.4(b)** Impermeabilización en acceso del puente, costado aguas abajo.



|   |   |                   |
|---|---|-------------------|
|  | Universidad de Costa Rica<br>Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales<br>LanammeUCR | Código:<br>RC-444 |
|   | INFORME DE EVALUACIÓN   |                   |
| <b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P04-2019</b>  | <b>Página 23/49</b>   | <b>VERSIÓN 07</b> |

**Tabla No. 3.** Estado de conservación de la superestructura de vigas de acero.

|  |  |   |  |  |
|--|--|---|--|--|
| <b>3.1. Tablero (losa de concreto):</b>  | <b>RE = 3</b>  | <b>GD = 3</b>   |  |  |
| <p>No se observó que los paños o losetas que forman el tablero estuvieran unidos entre sí, ya que se apreció filtración de agua y sedimentos entre paños (ver en Figura 3.1(a)) y crecimiento de vegetación (ver en Figura 3.1(b)). Se observaron placas de acero que parecían estar embebidas en las losetas. Además, las placas estaban unidas a las vigas principales por lo que la configuración permitiría una acción compuesta entre los elementos principales. Las placas evidenciaban corrosión debido a la filtración de agua (ver Figura 3.1(c)).</p> <p>Con el paso de vehículos, principalmente pesados, se pudo notar como las losetas se mueven de forma relativa una a la otra, lo cual indica que la unión con las vigas principales se pudo haber perdido en algunos casos. Lo anterior podría implicar una disminución en la acción compuesta entre las vigas principales y el tablero, y con ello una disminución en la capacidad estructural de la superestructura (si fue diseñada originalmente en acción compuesta).</p> <p>En algunos sitios se observó acero expuesto cerca de los puntos de filtración, lo que pudo haber causado la oxidación de ese acero expuesto, tal y como se observa en la Figura 3.1(d).</p> <p>También se observó agrietamiento en algunos paños. Cerca del bastión 1, el espesor de las grietas llegaba a 0,3 mm, como se evidencia en la Figura 3.1(e).</p> |  | <p><b>Figura 3.1(a)</b> Filtración de agua entre paños que forman el tablero.</p> |  |  |
|  |  |   |  | <p><b>Figura 3.1(b)</b> Vegetación entre sisas de paños que forman el tablero.</p>                         |
|  |  |   |  | <p><b>Figura 3.1(c)</b> Corrosión en placas de acero que unen a las losetas con las vigas principales.</p> |

|   |   |                     |                   |
|---|---|---------------------|-------------------|
|  | Universidad de Costa Rica<br>Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales<br>LanammeUCR |                     | Código:<br>RC-444 |
|   | INFORME DE EVALUACIÓN   |                     |                   |
|   | <b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P04-2019</b>  | <b>Página 24/49</b> | <b>VERSIÓN 07</b> |

**Tabla No. 3.** Estado de conservación de la superestructura de vigas de acero (*continuación*).

|   |               |               |
|---|---------------|---------------|
| <b>3.1. Tablero (losa de concreto) (continuación):</b>  | <b>RE = 3</b> | <b>GD = 3</b> |
|                 |               |               |
| <p><b>Figura 3.1(d) Acero expuesto en paños del tablero.</b></p>                                  |               |               |
|                |               |               |
| <p><b>Figura 3.1(e) Agrietamiento de 0,3 mm de espesor en paños que conforman el tablero.</b></p> |               |               |



|   |   |                     |                       |
|---|---|---------------------|-----------------------|
|  | Universidad de Costa Rica<br>Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales<br>LanammeUCR |                     | Código:<br><br>RC-444 |
|   | INFORME DE EVALUACIÓN   |                     |                       |
|   | <b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P04-2019</b>  | <b>Página 25/49</b> | <b>VERSIÓN 07</b>     |

**Tabla No. 3.** Estado de conservación de la superestructura de vigas de acero (*continuación*).

|  |  |               |
|--|--|---------------|
| <b>3.2. Vigas principales de acero:</b>  | <b>RE = 3</b>  | <b>GD = 2</b> |
| <p>Las vigas principales son de acero y presentaban daño generalizado, pero de severidad moderada. Se observa en la Figura 3.2(a): puntos de oxidación, ampollas y corrosión superficial principalmente en el ala superior debido a la filtración de agua a través del espacio entre losetas (Ver 3.1. Tablero).</p> <p>En la Figura 3.2(b) se presenta una vista más cercana a las vigas; se observan las manchas de humedad, moho y puntos de oxidación.</p> |  <p><b>Figura 3.2(a)</b> Oxidación generalizada en vigas principales.</p>  <p><b>Figura 3.2(b)</b> Manchas de humedad y puntos de oxidación en vigas principales.</p> |               |
| <b>3.3. Vigas diafragma de acero:</b>  | <b>RE = 2</b>  | <b>GD = 2</b> |
| <p>La viga ubicada sobre el bastión del acceso al puente se encuentra con suciedad y se observaban puntos de oxidación y ampollas (ver Figura 3.2).</p>  |  <p><b>Figura 3.3</b> Viga diafragma en bastión del acceso presentaba oxidación y suciedad.</p>  |               |



|   |   |                   |
|---|---|-------------------|
|  | Universidad de Costa Rica<br>Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales<br>LanammeUCR | Código:<br>RC-444 |
|   | INFORME DE EVALUACIÓN   |                   |
| <b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P04-2019</b>  | <b>Página 26/49</b>   | <b>VERSIÓN 07</b> |

**Tabla No. 4.** Estado de conservación de la subestructura

| 4.1. Apoyos en bastiones y pilas:   | RE = 3  | GD = 2 |
|---|---|--------|
| <p>Los apoyos en ambos extremos del puente consistían en placas metálicas una sobre otra, apoyadas en pedestales de concreto con una sección sin colar en la ubicación de los pernos de anclaje (Ver Figura 4.1(c)). Se considera que este arreglo provee fricción no despreciable y por lo tanto resistencia al movimiento longitudinal del puente, a pesar de que los orificios de las placas en la ubicación de los pernos son ochavos que implican apoyos móviles, por lo que no es un detallado adecuado para el tipo de desempeño que se requiere. Además, como se observa en la Figura 4.1(c), el apoyo no se daba en el extremo de las vigas principales (a 0,60 m aproximadamente del extremo de la viga), pudiendo introducir un momento negativo en la superestructura, el cual no hay evidencia de que haya sido tomado en cuenta.</p> <p>Se observó acumulación de polvo, sedimentos, oxidación y humedad en los apoyos del bastión 1 (ver Figura 4.1(a) y Figura 4.1(b)).</p> <p>Los apoyos del bastión 2 no presentaban tanta acumulación de sedimentos, pero sí tenían puntos de oxidación (ver Figura 4.1(c)).</p> <p>Los pernos de los apoyos no tenían rosca y además su longitud era desproporcionada (Ver Figuras 4.1(a), 4.2(b) y 4.2(c)), por lo que es probable que nunca se les colocó pernos y arandelas.</p> |  <p><b>Figura 4.1(a)</b> Apoyo en bastión 1, con suciedad y oxidación.</p>  <p><b>Figura 4.1(b)</b> Apoyo en bastión 1, con suciedad y humedad.</p>  <p><b>Figura 4.1(c)</b> Apoyo en bastión 2 con oxidación.</p> |        |

|   |  |                           |
|---|--|---------------------------|
|  | <p>Universidad de Costa Rica<br/>Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales<br/>LanammeUCR</p> | <p>Código:<br/>RC-444</p> |
|   | <p>INFORME DE EVALUACIÓN</p>   |                           |
| <p>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P04-2019</p>  | <p>Página 27/49</p>  | <p>VERSIÓN 07</p>         |

**Tabla No. 4.** Estado de conservación de la subestructura (*continuación*).

|  |  |                      |
|--|--|----------------------|
| <p><b>4.2. Bastiones:</b></p>  | <p><b>RE = 3</b></p>   | <p><b>GD = 1</b></p> |
| <p>Los bastiones presentaban manchas de húmedas por filtración de agua a través de las juntas de expansión a pesar de que estas se encuentran cubiertas con asfalto. En el bastión 2 incluso se observó crecimiento de moho, como se observa en la Figura 4.2.</p> |    |                      |
| <p><b>Figura 4.2</b> Humedad y crecimiento de moho en bastión 2.</p>   |  |                      |
| <p><b>4.3. Aletones:</b></p>   | <p><b>RE = 2</b></p>   | <p><b>GD = 1</b></p> |
| <p>El aletón del acceso 1 del puente, costado aguas arriba, estaba cerca de un punto de descarga de aguas por lo que presentaba humedad y crecimiento de vegetación.</p>   |  |                      |
| <p><b>Figura 4.3</b> Aletones del acceso 1 del puente.</p>   |  |                      |


|   |  |                           |
|---|--|---------------------------|
|  | <p>Universidad de Costa Rica<br/>Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales<br/>LanammeUCR</p> | <p>Código:<br/>RC-444</p> |
|   | <p>INFORME DE EVALUACIÓN</p>   |                           |
| <p>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P04-2019</p>  | <p>Página 28/49</p>  | <p>VERSIÓN 07</p>         |

**Tabla No. 4.** Estado de conservación de la subestructura (*continuación*).

|   |   |                      |
|---|---|----------------------|
| <p><b>4.4. Pilas (viga cabezal, cuerpo):</b></p>  | <p><b>RE = 4</b></p>  | <p><b>GD = 1</b></p> |
| <p>Las pilas son de concreto reforzado, como se muestra en la Figura 4.4(a).</p> <p>Se observaron algunas grietas en la pila 1, con espesores de hasta 0,25 mm (ver Figura 4.4(b)). No fue posible identificar si las grietas correspondían al mortero de recubrimiento colocado en las columnas de las pilas o si se proyectaban más allá. Se considera pertinente seguir monitoreando esta condición ya que al no ser tantas ni con extensiones muy importantes, no se considera que constituyan un daño estructural relevante en este momento, pero podría serlo si no corresponden a grietas del mortero.</p> <p>En dos sitios de la pila 2, en los vértices, faltaba material, tal y como se observa en la Figura 4.4(c). Debido a que no hay acero expuesto, este no representa un daño importante. Estos desprendimientos podrían ser evidencia de impactos de roca durante crecidas del río.</p> <p>La viga cabezal de la pila 2 presentaba nidos de piedra leves en toda su longitud transversal tal y como se observa en la Figura 4.4(d), a la hora del proceso constructivo producto de un manejo inadecuado entre coladas.</p> |  <p><b>Figura 4.4(a) Vista general de las pilas.</b></p>  <p><b>Figura 4.4(b) Grieta de 0,25 mm en la pila 1.</b></p> |                      |


|   |   |                   |
|---|---|-------------------|
|  | Universidad de Costa Rica<br>Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales<br>LanammeUCR | Código:<br>RC-444 |
|   | INFORME DE EVALUACIÓN   |                   |
| <b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P04-2019</b>  | <b>Página 29/49</b>   | <b>VERSIÓN 07</b> |

**Tabla No. 4.** Estado de conservación de la subestructura *(continuación)*.

|  |                             |                |
|--|-----------------------------|----------------|
| <b>4.4. Pilas (viga cabezal, cuerpo) (continuación):</b>   | <b>RE = 4</b>               | <b>GD = 1</b>  |
|    |                             |                |
| <b>Figura 4.4(c) Falta de material en vértice de la pila 2.</b>  |                             |                |
|    |                             |                |
| <b>Figura 4.4(d) Nidos de piedra en viga cabezal de la pila 2.</b>   |                             |                |
| <b>4.5. Cimentaciones (pilas y bastiones):</b>   | <b>RE = NI</b>              | <b>GD = NI</b> |
| No fue posible observar las cimentaciones de las pilas o bastiones y no se encontraron los planos de la estructura para saber cómo debían ser éstos. | No hay fotografía asociada. |                |

|   |   |                   |
|---|---|-------------------|
|  | Universidad de Costa Rica<br>Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales<br>LanammeUCR | Código:<br>RC-444 |
|   | INFORME DE EVALUACIÓN   |                   |
| <b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P04-2019</b>  | <b>Página 30/49</b>   | <b>VERSIÓN 07</b> |

**Tabla No. 5.** Estado de conservación de elementos de protección sísmica e hidráulica.

|  |   |                |
|--|---|----------------|
| <b>5.1. Longitud de asiento en bastiones y pilas:</b>  | <b>RE = 2</b>   | <b>GD = 0</b>  |
| <p>Se midió la longitud de asiento en los bastiones. Los valores estaban entre 0,65 m y 0,70 m. Este valor es mayor a 0,40 m, lo mínimo establecido en la sección 4.7.4.4 de la norma de diseño AASHTO LRFD (2017) a la cual se hace referencia en los <i>Lineamientos para diseño Sismorresistente de puentes</i> (CFIA, 2013).</p> |  |                |
| <b>Figura 5.4(a) Longitud de asiento en bastión 1.</b>   |   |                |
| <b>5.2. Dispositivos para prevención de colapso (llaves de corte, cadenas, anclajes, aislamiento sísmico):</b>   | <b>RE = NA</b>  | <b>GD = NA</b> |
| La estructura no contaba con dispositivos de este tipo.  | No hay fotografía asociada.   |                |
| <b>5.3. Protección de taludes de relleno de aproximación:</b>  | <b>RE = NA</b>  | <b>GD = NA</b> |
| El puente no cuenta con taludes de relleno de aproximación y por lo tanto no hay protecciones.   | No hay fotografía asociada.   |                |




|   |   |                     |                       |
|---|---|---------------------|-----------------------|
|  | Universidad de Costa Rica<br>Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales<br>LanammeUCR |                     | Código:<br><br>RC-444 |
|   | INFORME DE EVALUACIÓN   |                     |                       |
|   | <b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P04-2019</b>  | <b>Página 31/49</b> | <b>VERSIÓN 07</b>     |

**Tabla No. 5.** Estado de conservación de elementos de protección sísmica e hidráulica (*continuación*).

|  |               |               |
|--|---------------|---------------|
| <b>5.4. Protección de taludes frente al bastión:</b>   | <b>RE = 1</b> | <b>GD = 0</b> |
| <p>Frente al bastión 1 se observó que se impermeabilizó el terreno, lo cual funge como una protección, esto se observa en la Figura 5.4(a).</p> <p>El bastión 2 se encuentra a un nivel más bajo y por lo tanto está más expuesto (ver Figura 5.4(b)). Por esta condición es que se considera que el bastión 2 es más susceptible que el 1.</p> <p>El hecho de que el bastión 2 presente rocas embebidas en el concreto no necesariamente se considera inadecuada ya que las rocas pueden ayudar a disminuir la energía del agua.</p> <p>La protección se encuentra en buen estado, sin embargo, no se sabe cuándo fue construida y por lo tanto se desconoce el tiempo de servicio que lleva en operación.</p> <p>En caso de ser sólo concreto lanzado, la impermeabilización del cauce utilizada es muy vulnerable a que, cuando se dé un daño que permita la entrada de agua, muy rápidamente se presente un deterioro significativo y extendido.</p> |               |               |
|    |               |               |
| <p><b>Figura 5.4(a) Vista de protección de bastión 1.</b></p>  |               |               |
|    |               |               |
| <p><b>Figura 5.4(b) Vista de protección de bastión 2.</b></p>  |               |               |

|   |   |                   |
|---|---|-------------------|
|  | Universidad de Costa Rica<br>Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales<br>LanammeUCR | Código:<br>RC-444 |
|   | INFORME DE EVALUACIÓN   |                   |
| <b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P04-2019</b>  | <b>Página 32/49</b>   | <b>VERSIÓN 07</b> |

**Tabla No. 5.** Estado de conservación de elementos de protección sísmica e hidráulica (continuación).

|  |  |                |
|--|--|----------------|
| <b>5.5. Protección de socavación en pilas:</b>   | <b>RE = 1</b>  | <b>GD = 1</b>  |
| <p>El hecho de que el cauce esté revestido, le brinda protección contra la socavación en las pilas. La impermeabilización del cauce acarrea otras consecuencias que deben de considerarse como las que se exponen en el apartado <b>5.6 Protección de taludes frente al bastión.</b></p>   |                  |                |
|  | <p align="center"><b>Figura 5.5 Vista aguas arriba del cauce</b></p>                               |                |
| <b>5.6. Cauce del río:</b>   | <b>RE = NA</b>   | <b>GD = NA</b> |
| <p>El lecho del río se encontraba recubierto por una capa de concreto, como se aprecia en la Figura 5.6(a) y Figura 5.6(b). Se desconocen los motivos por los que se recubrió el lecho. El recubrimiento protege el lecho, pero disminuye la rugosidad y por lo tanto se incrementan las velocidades del río. Lo anterior podría provocar la erosión y socavación de pilas y bastiones o el deterioro de estos componentes.</p> <p>En caso de ser sólo concreto lanzado, la impermeabilización del cauce utilizada es muy vulnerable a que, cuando se dé un daño que permita la entrada de agua, muy rápidamente se presente un deterioro significativo y extendido.</p> <p>Se observó acumulación de vegetación y piedras en las pilas, e impactos en las pilas. Esto demuestra la capacidad del río para arrastrar rocas, troncos, romas, entre otros.</p> |                |                |
|  | <p align="center"><b>Figura 5.6(a) Vista aguas arriba del cauce</b></p>                            |                |
|  |                |                |
|  | <p align="center"><b>Figura 5.6(a) Vegetación arrastrada por corrientes a pilas del puente</b></p> |                |



|   |   |                     |                       |
|---|---|---------------------|-----------------------|
|  | Universidad de Costa Rica<br>Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales<br>LanammeUCR |                     | Código:<br><br>RC-444 |
|   | INFORME DE EVALUACIÓN   |                     |                       |
|   | <b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P04-2019</b>  | <b>Página 33/49</b> | <b>VERSIÓN 07</b>     |

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este informe se presentan las observaciones realizadas durante la evaluación visual de la condición del puente Río Tibasito ubicado en la Ruta Nacional No. 112. Las Tablas No. 1 a No. 5 resumen la condición de deterioro del puente.

Con base en lo observado y la metodología descrita en el ANEXO B, 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 las siguientes razones:

- Se observó filtración de agua entre los paños de concreto que formaban el tablero, acero de refuerzo expuesto en algunos sitios, agrietamiento de hasta 0,30 mm, vegetación entre las sisas y corrosión en las placas de acero que unen la loseta con las vigas principales. Además, se observó movimientos relativos entre las losetas que podría indicar una pérdida de acción compuesta entre las losetas y las vigas de acero, si originalmente estos elementos de la superestructura fueron diseñados para que actuaran de forma compuesta.
- El cuerpo de las pilas presentaba grietas de 0,25 mm de extensión importante. Además, en los vértices de algunas pilas faltaba material.


Por lo tanto, con el propósito de contribuir a la atención de la estructura según las observaciones de las Tablas No.1 a No.5, se recomienda realizar las siguientes acciones en los elementos que fueron inspeccionados, especificando en donde aplique el *Manual de*

|                            |            |                 |
|----------------------------|------------|-----------------|
| Informe LM-PIE-UP-P04-2019 | Mayo, 2019 | Página 33 de 49 |
|----------------------------|------------|-----------------|


|   |   |                     |                       |
|---|---|---------------------|-----------------------|
|  | Universidad de Costa Rica<br>Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales<br>LanammeUCR |                     | Código:<br><br>RC-444 |
|   | INFORME DE EVALUACIÓN   |                     |                       |
|   | <b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P04-2019</b>  | <b>Página 34/49</b> | <b>VERSIÓN 07</b>     |

especificaciones generales para la conservación de carreteras, caminos y puentes MCV-2015(MOPT, 2015) y el *Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes CR-2010* (MOPT, 2010):

| <b>Tabla No. 6 - Mantenimiento cíclico o programado:</b>  |  |
|---|--|
| <b>Nota: Se incluyen sólo las deficiencias observadas y se asume que se llevan a cabo las restantes tareas necesarias de <i>mantenimiento cíclico</i> de los componentes del puente</b> |  |
| <b>Elementos</b>  | <b>Recomendaciones</b>   |
| <b>1.4 Señalización</b>   | Se debe mejorar considerablemente la señalización vertical y horizontal de ambos accesos, principalmente la del acceso este que es el que coincide con la vía en dos direcciones.                                      |
| <b>1.5. Iluminación</b>   | Coordinar con la institución respectiva un programa de revisión del funcionamiento de las luminarias en los accesos al puente, con el fin de verificar el funcionamiento y realizar las reparaciones que se requieran. |

|  |   |                                       |
|--|---|---------------------------------------|
| <br><b>LanammeUCR</b> | Universidad de Costa Rica<br>Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales<br>LanammeUCR | Código:<br><br>RC-444                 |
|  | <b>INFORME DE EVALUACIÓN</b>  |                                       |
|  | <b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P04-2019</b>  | <b>Página 35/49</b> <b>VERSIÓN 07</b> |

| <b>Tabla No. 7- Rehabilitación:</b>         |   |
|---|---|
| <b>Elementos</b>                            | <b>Recomendaciones</b>  |
| <b>1.3. Aceras, ciclovías y sus accesos</b> | <p>Debido al estado de deterioro y de corrosión severa observado en la pasarela peatonal, y aunque no está incluido en el alcance de este informe su evaluación, se recomienda establecer las medidas de intervención necesarias inmediatas para brindar seguridad a los usuarios peatonales de esta estructura, tomando en cuenta de que el tránsito peatonal es considerable según se pudo observar el día de la inspección.</p>  |
| <b>Puente en general</b>                    | <p>De lo observado, se evidencia que el tablero y sus conexiones a las vigas principales se ha desempeñado de forma muy deficiente, permitiendo además la filtración de agua y con ello el deterioro a nivel de corrosión de los componentes de acero y adicionalmente de las mismas losetas prefabricadas. El movimiento relativo de las losetas con el paso de vehículos pesados hace dudar de la efectividad actual del comportamiento de sección compuesta de la superestructura (si fue diseñado originalmente para actuar de esta manera).</p> <p>Se recomienda, por lo tanto, sustituir el tablero como parte de un proyecto de rehabilitación o sustitución del puente. Como parte de un proyecto de rehabilitación, se recomienda evaluar la capacidad estructural del puente de acuerdo al Manual para Evaluación de Puentes (AASHTO, 2018), y tomar en cuenta además la condición de sus componentes, así como su vida útil remanente, para así determinar las demás acciones requeridas costo-efectivas a seguir según un análisis de ciclo vida.</p> <p>Por el trabajo de impermeabilización llevado a cabo en el cauce del río en la sección del puente, la protección o sobre ancho de las pilas así como los impactos observados en el concreto, todo lo cual evidencia un comportamiento agresivo del río en la ubicación del puente, se recomienda llevar a cabo un estudio hidrológico-hidráulico-socavación que tome en</p> |

|  |   |                       |
|--|---|-----------------------|
| <br><b>LanammeUCR</b> | Universidad de Costa Rica<br>Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales<br>LanammeUCR<br><br><b>INFORME DE EVALUACIÓN</b> | Código:<br><br>RC-444 |
|  | <b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P04-2019</b>  | <b>Página 36/49</b>   |

**Tabla No. 7–Rehabilitación (continuación):**

| Elementos                                   | Recomendaciones   |
|---|---|
| <b>Puente en general<br/>(continuación)</b> | <p>cuenta la rápida impermeabilización que está ocurriendo en los terrenos aguas arriba, así como un incremento por razones de cambio climático, para determinar si la capacidad hidráulica del puente es suficiente para un periodo de retorno adecuado que determine la Administración. Se debe evaluar la conveniencia y efectividad del concreto lanzado colocado en la ubicación del puente.</p> <p>En conjunto con la sustitución del tablero, rehabilitación de los componentes estructurales del puente, y la intervención de la pasarela peatonal, se recomienda mejorar al menos los siguientes elementos:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Colocar barreras de contención TL-4 adecuadas para las condiciones de la ruta. Se debe cumplir con lo establecido en la norma AASHTO LRFD 2017 y el Manual SCV (Valverde-González, 2011).</li> <li>b. Guardavías en los accesos con detalles según las condiciones del sitio y las recomendaciones del fabricante. Se debe cumplir con documentos mencionadas en el punto a.</li> <li>c. Transiciones adecuadas entre las barreras de contención vehicular y los guardavías. Se debe cumplir con los documentos mencionadas en el punto a.</li> <li>d. Juntas de expansión adecuadas de acuerdo a las características del puente. Se debe cumplir con la norma AASHTO LRFD 2017.</li> <li>e. Señalización horizontal y vertical adecuada a las condiciones del puente y tomando en cuenta que el mismo es de una vía en una intersección en el medio de un poblado. Se debe cumplir con lo establecido en el Manual centroamericano de dispositivos</li> </ol> |

|  |  |                       |
|--|--|-----------------------|
| <br><b>LanammeUCR</b> | Universidad de Costa Rica<br>Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales<br>LanammeUCR<br><br>INFORME DE EVALUACIÓN | Código:<br><br>RC-444 |
|  | <b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P04-2019</b>   | <b>Página 37/49</b>   |

| <b>Tabla No. 7–Rehabilitación (continuación):</b> |  |
|---|--|
| <b>Elementos</b>                                  | <b>Recomendaciones</b>   |
| <b>Puente en general (continuación)</b>           | <p>uniformes para el control del tránsito (SIECA, 2014).</p> <p>f. Evitar colocar sobrecapas de asfalto. Si se especifica una sobrecapa, se debe tomar en cuenta en el análisis estructural, y debe especificarse en los planos y en el detallado de la junta para que esta no sea obstruida.</p> <p>g. Colocar un sistema de drenaje sobre el puente con ductos que descarguen 100 mm por debajo de las vigas principales.</p> <p>h. Apoyos diseñados y detallados para las características del puente.</p> |

| <b>Tabla No. 8 - Sustitución:</b>  |
|--|
| <p>Por medio de un análisis de ciclo de vida, así como de otros estudios de costo-efectividad, determinar si el puente necesita ser sustituido. En caso de ser sustituido, debe ser diseñado de acuerdo a la normativa nacional e internacional más actualizada, cumpliendo los objetivos de diseño de AASHTO de resistencia, economía, estética, constructibilidad, durabilidad y facilidad de mantenimiento.</p> |

Se asume que estas recomendaciones serán evaluadas por los profesionales que la Administración asigne como responsables de la *conservación, rehabilitación o sustitución* 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<br>Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales<br>LanammeUCR |                     | Código:<br><br>RC-444 |
|   | INFORME DE EVALUACIÓN   |                     |                       |
|   | <b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P04-2019</b>  | <b>Página 38/49</b> | <b>VERSIÓN 07</b>     |

## 7. REFERENCIAS

1. AASHTO (2011). *The Manual for Bridge Evaluation. 2nd Edition with 2011, 2013, 2014, 2015 and 2016 Interim Revisions*. American Association of State Highway and Transportation Officials. Washington, D.C., USA.
2. AASHTO (2017). *LRFD Bridge Design Specifications. 8th Edition*. American Association of State Highway and Transportation Officials. Washington, D.C., USA.
3. Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos [CFIA] (2013). *Lineamientos para diseño sismorresistente de puentes*. Comisión Permanente de Estudio y Revisión del Código Sísmico de Costa Rica. San José, Costa Rica: LanammeUCR.
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. FHWA (2018). *Bridge Preservation Guide: Maintaining a Resilient Infrastructure to Preserve Mobility*. Publication No. FHWA-HIF-18-022. U.S. Department of Transportation. Federal Highway Administration. Virginia, USA.
6. Ministerio de Obras Públicas y Transportes (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.
7. Ministerio de Obras Públicas y Transportes (2015). *Manual de especificaciones generales para la conservación de carreteras, caminos y puentes MCV-2015*. Ministerio de Obras Públicas y Transportes. San José, Costa Rica.
8. 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.

|  |   |                     |                       |
|--|---|---------------------|-----------------------|
| <br><b>LanammeUCR</b> | Universidad de Costa Rica<br>Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales<br>LanammeUCR<br><br><b>INFORME DE EVALUACIÓN</b> |                     | Código:<br><br>RC-444 |
|  | <b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P04-2019</b>  | <b>Página 39/49</b> | <b>VERSIÓN 07</b>     |


9. 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.
10. SIECA (2014). *Manual centroamericano de dispositivos uniformes para el control del tránsito*. Acuerdo centroamericano sobre circulación por carreteras, en materia de pesos y dimensiones de vehículos de carga. Guatemala.
11. Valverde-González, G. (2011). *Manual SCV: Guía para el análisis y diseño de seguridad vial de márgenes de carretera*. Vicerrectoría de Investigación. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.
12. Zamora-Rojas, J., Jiménez-Romero, D., Acosta-Hernández, E., Castillo-Barahona, R., Rodríguez-Roblero, M. J., Quirós-Serrano, C. (2012). *Guía de evaluación de seguridad vial para puentes en Costa Rica*. Versión 02-2012. Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA), LanammeUCR. San José, Costa Rica.
13. Zúñiga-Blanco, J. C. (2017). *Anuario de Información de Tránsito 2017*. MOPT-01-06-21-001-2017. Secretaría de Planificación Sectorial. Proceso de Planificación Estratégica Multimodal de Servicios de Infraestructura y de Transporte. Ministerio de Obras Públicas y Transportes. San José, Costa Rica.

|  |  |                     |                       |
|--|--|---------------------|-----------------------|
| <br><b>LanammeUCR</b> | Universidad de Costa Rica<br>Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales<br>LanammeUCR<br><br>INFORME DE EVALUACIÓN |                     | Código:<br><br>RC-444 |
|  | <b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P04-2019</b>   | <b>Página 40/49</b> | <b>VERSIÓN 07</b>     |

# ANEXO A

## Glosario.



|   |   |                     |                       |
|---|---|---------------------|-----------------------|
|  | Universidad de Costa Rica<br>Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales<br>LanammeUCR |                     | Código:<br><br>RC-444 |
|   | INFORME DE EVALUACIÓN   |                     |                       |
|   | <b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P04-2019</b>  | <b>Página 41/49</b> | <b>VERSIÓN 07</b>     |

- **Inspección:** Es 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.
- **Evaluación:** Es la determinación de la condición del puente a partir de las observaciones realizadas durante la inspección.
- **Conservación de Puentes:** Son las acciones o estrategias que previenen, retrasan o reducen el deterioro de los puentes o de los componentes de puentes, restablecen la función de puentes existentes, mantienen a los puentes en buena condición y extienden su vida útil. Acciones de conservación efectivas de puentes son necesarias para retrasar la necesidad de costosas *rehabilitaciones* o acciones de *sustitución*, por medio de la aplicación de estrategias de conservación en los puentes mientras estos están en una condición satisfactoria, regular o deficiente (ver tabla B-1) y antes del comienzo de deterioro serio. Conservación de puentes incluye actividades de *mantenimiento preventivo* tanto *cíclico* como *basado en la condición* (FHWA, 2018).
- **Mantenimiento Preventivo:** Es la estrategia planificada de tratamientos costo-efectivos a los elementos de un puente existente para extender su vida útil de servicio. Estas actividades retardan futuros deterioros y evitan grandes gastos en *rehabilitación* o *sustitución* de puentes. *Mantenimiento preventivo* incluye actividades *cíclicas* o *programadas* y actividades *basadas en la condición* (FHWA, 2018).
- **Mantenimiento Cíclico o Programado:** Actividades realizadas en un intervalo preestablecido y que buscan preservar las condiciones existentes de los componentes de un puente. La condición de los componentes no siempre es directamente mejorada como resultado de estas actividades, pero se espera que el deterioro sea retrasado (FHWA, 2018).
- **Mantenimiento Basado en la Condición:** Actividades realizadas en los componentes de un puente según sea necesario e identificado por medio del proceso de inspección de puentes. Este tipo de acciones mejora la condición de esa porción específica de los

|                            |            |                 |
|----------------------------|------------|-----------------|
| Informe LM-PIE-UP-P04-2019 | Mayo, 2019 | Página 41 de 49 |
|----------------------------|------------|-----------------|

|   |   |                     |                       |
|---|---|---------------------|-----------------------|
|  | Universidad de Costa Rica<br>Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales<br>LanammeUCR |                     | Código:<br><br>RC-444 |
|   | INFORME DE EVALUACIÓN   |                     |                       |
|   | <b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P04-2019</b>  | <b>Página 42/49</b> | <b>VERSIÓN 07</b>     |

elementos, pero podría o no resultar en un incremento en su estado de condición (FHWA, 2018).

- **Rehabilitación:** Involucra trabajos mayores requeridos para restablecer la integridad estructural de un puente, así como los trabajos necesarios para corregir la mayoría de defectos de seguridad. La *rehabilitación* no es considerada una tarea de *conservación de puentes*, pero se pueden combinar actividades de *conservación* en varios elementos mientras se lleva a cabo una *rehabilitación*. Estos proyectos requieren recursos significativos de ingeniería para el diseño, un extenso cronograma de ejecución, y un costo considerable (FHWA, 2018).
  
- **Sustitución:** Es el reemplazo total de un puente estructural o funcionalmente obsoleto, por medio de una estructura construida en el mismo corredor vial. La estructura de reemplazo deberá cumplir los estándares más actuales de geometría, estructurales y constructivos, requeridos para los tipos y volumen proyectado de tránsito en el puente para su vida de diseño. Al igual que la *rehabilitación*, la sustitución no es considerada una actividad de *conservación de puentes*, y requiere recursos de ingeniería para el diseño, un sustancial y complejo cronograma de ejecución, y considerables costos. Costos de ciclo de vida y otros factores económicos deberán usualmente ser considerados cuando se sopesen ambas alternativas de *rehabilitación* y *sustitución* (FHWA, 2018).

|  |  |                     |                       |
|--|--|---------------------|-----------------------|
| <br><b>LanammeUCR</b> | Universidad de Costa Rica<br>Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales<br>LanammeUCR<br><br>INFORME DE EVALUACIÓN |                     | Código:<br><br>RC-444 |
|  | <b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P04-2019</b>   | <b>Página 43/49</b> | <b>VERSIÓN 07</b>     |

## ANEXO B

### Criterios para clasificar el estado de conservación del puente.

|  |  |                     |                       |
|--|--|---------------------|-----------------------|
| <br><b>LanammeUCR</b> | Universidad de Costa Rica<br>Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales<br>LanammeUCR<br><br>INFORME DE EVALUACIÓN |                     | Código:<br><br>RC-444 |
|  | <b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P04-2019</b>   | <b>Página 44/49</b> | VERSIÓN 07            |

Página intencionalmente dejada en blanco

|                            |            |                 |
|----------------------------|------------|-----------------|
| Informe LM-PIE-UP-P04-2019 | Mayo, 2019 | Página 44 de 49 |
|----------------------------|------------|-----------------|

|  |  |                     |                       |
|--|--|---------------------|-----------------------|
| <br><b>LanammeUCR</b> | Universidad de Costa Rica<br>Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales<br>LanammeUCR<br><br>INFORME DE EVALUACIÓN |                     | Código:<br><br>RC-444 |
|  | <b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P04-2019</b>   | <b>Página 45/49</b> | <b>VERSIÓN 07</b>     |

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.

|  |   |                     |                       |
|--|---|---------------------|-----------------------|
| <br><b>LanammeUCR</b> | Universidad de Costa Rica<br>Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales<br>LanammeUCR |                     | Código:<br><br>RC-444 |
|  | INFORME DE EVALUACIÓN   |                     |                       |
|  | <b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P04-2019</b>  | <b>Página 46/49</b> | <b>VERSIÓN 07</b>     |

- 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:

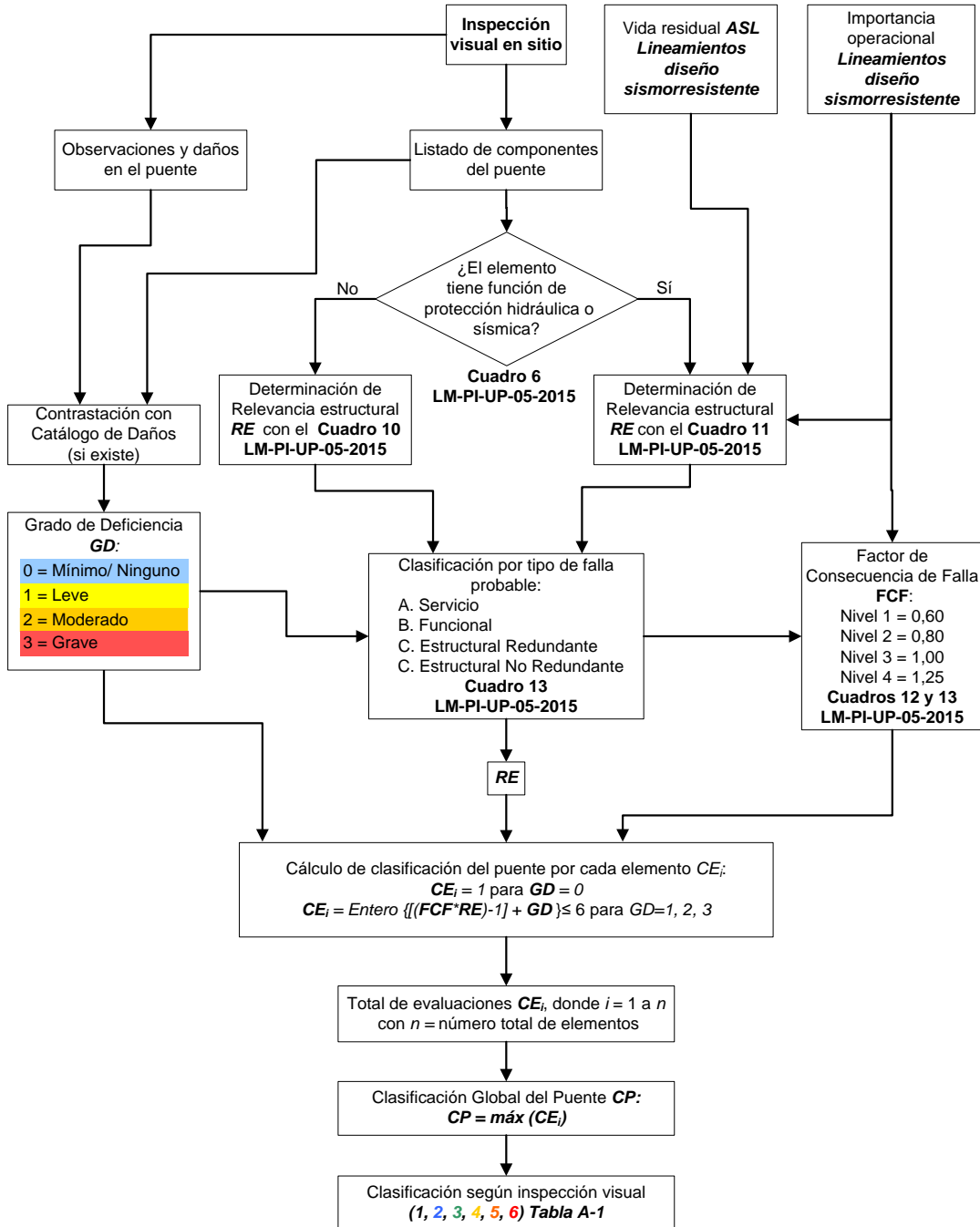
- Condición Evaluada (CE):** Esta variable representa la condición del elemento en evaluación. Se obtiene al combinar el GD, la RE y el FCF en la siguiente ecuación:

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

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 *Actualización de los criterios para la evaluación visual de puentes LM-PI-UP-05-2015* (Muñoz-Barrantes et al., 2015).



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


|  |   |                     |                       |
|--|---|---------------------|-----------------------|
| <br><b>LanammeUCR</b> | Universidad de Costa Rica<br>Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales<br>LanammeUCR |                     | Código:<br><br>RC-444 |
|  | INFORME DE EVALUACIÓN   |                     |                       |
|  | <b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P04-2019</b>  | <b>Página 48/49</b> | <b>VERSIÓN 07</b>     |

**Tabla B-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<br>(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<br>o<br>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<br>Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales<br>LanammeUCR | Código:<br><br>RC-444 |
|   | <b>INFORME DE EVALUACIÓN</b>  |                       |
|   | <b>CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P04-2019</b>  | <b>Página 49/49</b>   |

|   |  |   |                      |                                      |              |            |                        |
|---|--|---|----------------------|--------------------------------------|--------------|------------|------------------------|
|  | RC-451<br>Calificación de la condición del puente según la evaluación visual | Versión: 01<br>Página: 1/1                      |                      |                                      |              |            |                        |
|   | Nombre del puente y Ruta<br>Puente sobre el río Tibasito RN 112              | Importancia Operacional (LDSP 2013)<br>Esencial |                      |                                      |              |            |                        |
| Fecha Evaluación<br>1/11/2018   | TPD (veh/día)<br>9520  |   |                      |                                      |              |            |                        |
| Año de construcción o diseño<br>1990  | Vida de diseño según código (años)<br>No se tiene información                |   |                      |                                      |              |            |                        |
| <b>DESCRIPCIÓN DE DAÑOS O TIPO DE</b>   |  |   |                      |                                      |              |            |                        |
|   | <b>ELEMENTO</b>  | <b>RE</b>                                       | <b>GD</b>            | <b>REFERENCIA A TABLA DE INFORME</b> | <b>FALLA</b> | <b>FCF</b> | <b>CE<sub>i</sub></b>  |
| SEGURIDAD VIAL  | Barrera vehicular (puente)   | 2   | 2                    | Tabla 1. Sección 1.1                 | B            | 0.8        | 3                      |
|   | Barrera vehicular (accesos)  | 1   | 2                    | Tabla 1. Sección 1.2                 | A            | 0.6        | 2                      |
|   | Aceras   | 2   | No Insp.             | Tabla 1. Sección 1.3                 | B            | 0.8        |                        |
|   | Señalización Vial  | 1   | 3                    | Tabla 1. Sección 1.4                 | A            | 0.6        | 3                      |
|   | Rotulación Carga/Altura Máxima Iluminación                                   | 1   | No Aplica            | Tabla 1. Sección 1.4                 | A            | 0.6        |                        |
|   |  | 1   | No Insp.             | Tabla 1. Sección 1.5                 | A            | 0.6        |                        |
| ACCESORIOS  | Superficie de rodamiento (puente)  | 1   | 3                    | Tabla 2. Sección 2.1                 | A            | 0.6        | 3                      |
|   | Sistema de drenaje del puente  | 1   | 3                    | Tabla 2. Sección 2.2                 | A            | 0.6        | 3                      |
|   | Juntas de expansión  | 1   | 3                    | Tabla 2. Sección 2.3                 | A            | 0.6        | 3                      |
| ACCESOS   | Superficie de rodamiento (acceso)  | 1   | 0                    | Tabla 2. Sección 2.4                 | A            | 0.6        | 1                      |
|   | Relleno de aproximación  | 2   | No Aplica            | Tabla 2. Sección 2.5                 | B            | 0.8        |                        |
|   | Losa de aproximación   | 2   | No Insp.             | Tabla 2. Sección 2.7                 | B            | 0.8        |                        |
|   | Muros de contención en accesos   | 2   | No Aplica            | Tabla 2. Sección 2.6                 | B            | 0.8        |                        |
| SUPERESTRUCTURA TIPO VIGAS  | Tablero  | 3   | 3                    | Tabla 3. Sección 3.1                 | C            | 0.8        | 4                      |
|   | Vigas principales de concreto o acero  | 3   | 2                    | Tabla 3. Sección 3.2                 | D            | 0.8        | 3                      |
|   | Vigas diafragma de concreto o acero  | 2   | 2                    | Tabla 3. Sección 3.3                 | B            | 0.8        | 3                      |
|   | Sistema de arriostramiento de acero  | 2   | No Aplica            | Tabla 3. Sección 3.4                 | B            | 0.8        |                        |
| SUBESTRUCTURA   | Apoyos   | 3   | 2                    | Tabla 4. Sección 4.1                 | C            | 0.8        | 3                      |
|   | Aletones   | 2   | 1                    | Tabla 4. Sección 4.3                 | B            | 0.8        | 2                      |
|   | Bastiones: Viga cabezal  | 3   | 0                    | Tabla 4. Sección 4.2                 | C            | 0.8        | 1                      |
|   | Bastiones: Cuerpo  | 3   | 1                    | Tabla 4. Sección 4.2                 | C            | 0.8        | 2                      |
|   | Bastiones: Cimentación   | 3   | No Insp.             | Tabla 4. Sección 4.2                 | C            | 0.8        |                        |
|   | Pilas: Viga cabezal  | 3   | 1                    | Tabla 4. Sección 4.4                 | C            | 0.8        | 2                      |
|   | Pilas: Cuerpo tipo marco   | 4   | 1                    | Tabla 4. Sección 4.4                 | B            | 1          | 4                      |
| Pila: Cimentación   | 4  | No Insp.  | Tabla 4. Sección 4.4 | D                                    | 1            |            |                        |
| ELEMENTOS DE PROTECCIÓN SÍSMICA   | Longitud de asiento (pedestales)   | 2   | 0                    | Tabla 5. Sección 5.1                 | C            | 1          | 1                      |
|   | Llaves de corte  | 2   | No Aplica            | Tabla 5. Sección 5.2                 | C            | 1          |                        |
| ELEMENTOS DE PROTECCIÓN   | Cadenas/ anclajes/ postensión externa  | 2   | No Aplica            | Tabla 5. Sección 5.2                 | C            | 1          |                        |
|   | Dispositivos especiales  | 2   | No Aplica            | Tabla 5. Sección 5.2                 | C            | 1          |                        |
| ELEMENTOS DE PROTECCIÓN   | Protección de taludes de rellenos  | 1   | No Aplica            | Tabla 5. Sección 5.3                 | C            | 1          |                        |
|   | Escollera de protección  | 1   | 0                    | Tabla 5. Sección 5.4                 | C            | 1          | 1                      |
|   | Protección de socavación en pilas  | 1   | 0                    | Tabla 5. Sección 5.5                 | C            | 1          | 1                      |
| <b>CP =</b>   |  |   |                      |                                      |              |            | <b>4</b>               |
|   |  |   |                      |                                      |              |            | <b>Condición Seria</b> |

**Figura B-2. Metodología para evaluar la condición del puente**