



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

INFORME DE EVALUACIÓN

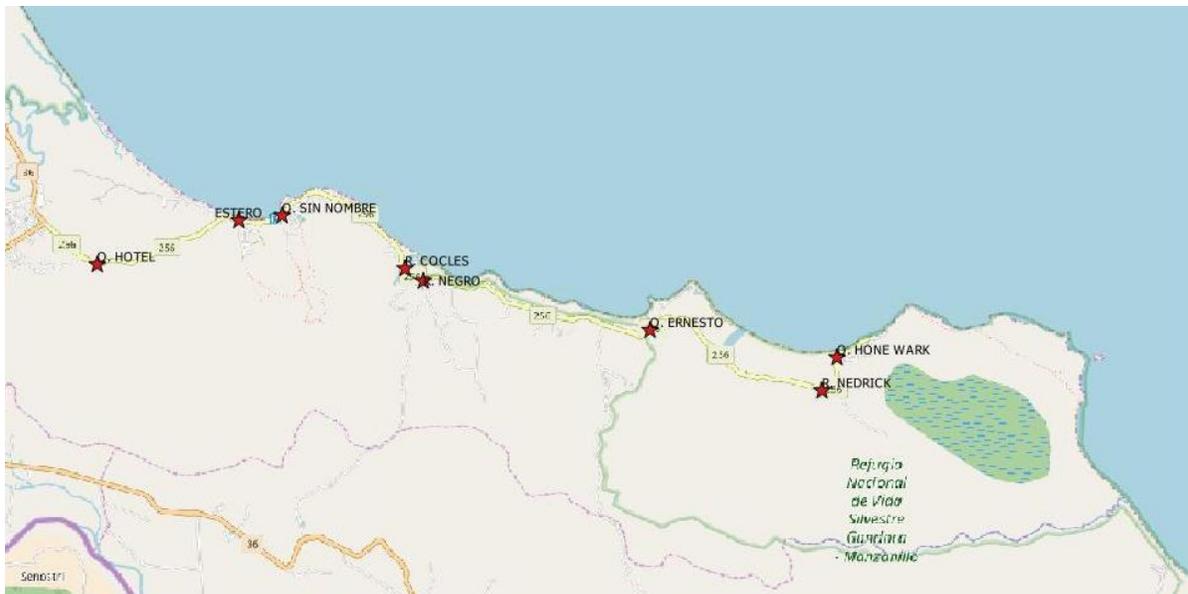
CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P02-2018

Página 1/64

Programa de Ingeniería Estructural

Proyecto: LM-PIE-UP-P02-2018

INFORME EJECUTIVO DE LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DE OCHO PUENTES UBICADOS EN LA RUTA NACIONAL No. 256



Preparado por:
**Unidad de Puentes
LanammeUCR**

San José, Costa Rica
Setiembre, 2018



LanammeUCR

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

INFORME DE EVALUACIÓN

CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P02-2018

Página 2/64

Página intencionalmente dejada en blanco



Información técnica del documento

1. Informe: LM-PIE-UP-P02-2018		2. Copia No. 1
3. Título y subtítulo: INFORME EJECUTIVO DE LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DE OCHO Puentes UBICADOS EN LA RUTA NACIONAL No. 256		4. Fecha del Informe Setiembre, 2018
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 ejecutivo de la evaluación de la condición de ocho puentes ubicados en la Ruta Nacional No. 256, 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 y alcantarillas 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 de los puentes se valoró entre SERIA, ALARMANTE y RIESGO INACEPTABLE según se describe en el documento. Por lo tanto, con el propósito de contribuir a la atención de las estructuras evaluadas se realizan recomendaciones individuales y generales relacionadas con los aspectos evaluados en este informe.</i>		
8. Palabras clave Puentes, Ruta Nacional No. 256, Evaluación de la condición, Informe ejecutivo.	9. Nivel de seguridad: Ninguno	10. Núm. de páginas 64
11. Inspección e informe por: Ing. Pablo Agüero Barrantes Unidad de Puentes	12. Inspección e informe por: Sergio G. Álvarez González Unidad de Puentes	
13. Revisado y aprobado por: Ing. Esteban Villalobos Vega Coordinador Unidad de Puentes	14. Revisado y aprobado por: Ing. Rolando Castillo Barahona Coordinador Programa de Ingeniería Estructural	15. Revisado por: Lic. Miguel Chacón Alvarado Asesor Legal LanammeUCR



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

INFORME DE EVALUACIÓN

CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P02-2018

Página 4/64

Página intencionalmente dejada en blanco

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN	
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P02-2018	Página 5/64

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....7

2. ALCANCE DEL INFORME8

3. RESUMEN DE LA CONDICIÓN DE LOS PUENTES9

4. OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES17

4.1. OBSERVACIONES GENERALES.....17

4.2. RECOMENDACIONES GENERALES.....20

5. REFERENCIAS.....24

**ANEXO 1 DETALLE DE LA DETERMINACIÓN DE LA CONDICIÓN DE LOS 8
PUENTES EVALUADOS EN LA RUTA NACIONAL NO. 25627**

**ANEXO 2 DETALLE FOTOGRÁFICO DE LAS DEFICIENCIAS OBSERVADAS EN
LOS PUENTES33**

**ANEXO 3 DESCRIPCIÓN DE LAS CATEGORÍAS DE CALIFICACIÓN
CUALITATIVA DE LA CONDICIÓN DEL PUENTE DE ACUERDO CON INFORME
LM-PI-UP-05-201547**

ANEXO 4 GLOSARIO51

**ANEXO 5 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE INVENTARIO DE LOS OCHO
PUENTES INSPECCIONADOS.....55**

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN	
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P02-2018	Página 6/64

Página intencionalmente dejada en blanco

Informe LM-PIE-UP-P02-2018	Setiembre, 2018	Página 6 de 64
----------------------------	-----------------	----------------

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN	
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P02-2018	Página 7/64

1. INTRODUCCIÓN

De conformidad con las competencias asignadas al Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales de la Universidad de Costa Rica (LanammeUCR) mediante la Ley N° 8114 y su reforma mediante la Ley N° 8603, la Unidad de Puentes del Programa de Ingeniería Estructural del LanammeUCR realizó una visita de inspección a ocho puentes ubicados en la Ruta Nacional No. 256, iniciando en el puente sobre la quebrada Hotel hasta el puente sobre el río Holly San el día 19 de junio del 2018.

El objeto de este informe es por lo tanto resumir de manera ejecutiva, los aspectos de mayor importancia encontrados durante la evaluación de los puentes realizada por parte de la Unidad de Puentes del Programa de Ingeniería Estructural del LanammeUCR, mediante las inspecciones visuales efectuadas a los ocho puentes ubicados en la ruta en estudio. El resumen ejecutivo de los puentes se encuentra en la sección 3 del cuerpo de este informe, en donde en la Tabla No. 1 se presentan las observaciones y recomendaciones particulares más relevantes de cada puente, así como el estado de la condición. En la sección 4 del cuerpo del informe se presentan las principales observaciones generales referentes a la Ruta Nacional. No. 256, y adicionalmente se brindan recomendaciones de carácter general.

En el Anexo 1 se presenta la calificación más crítica asignada a los siguientes elementos: (a) seguridad vial, (b) accesorios, (c) superestructura, (d) subestructura y (e) protecciones, para cada uno de los ocho puentes analizados. En el Anexo 2 se presenta un registro fotográfico de los principales daños de los puentes evaluados.

En el Anexo 3 se presentan las categorías del estado de conservación utilizadas para calificar cualitativamente la condición de los puentes (Muñoz-Barrantes, et. al., 2015). El Anexo 4 incluye un glosario de términos importantes los cuales son resaltados con letra cursiva en el cuerpo del informe. Finalmente, en el Anexo 5 se presenta un resumen de las principales características de inventario de los puentes inspeccionados.

La información de inventario y daño de siete de los ocho puentes se encuentra ingresada y aprobada en la base de datos de la herramienta informática SAEP (MOPT, 2018), la cual es

Informe LM-PIE-UP-P02-2018	Setiembre, 2018	Página 7 de 64
----------------------------	-----------------	----------------

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN	
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P02-2018	Página 8/64

administrada por el CONAVI. En la base de datos del SAEP no se encuentra el registro del puente sobre el Estero y no se tiene información de si fue inspeccionado por parte de la Administración.

2. ALCANCE DEL INFORME

Este informe de evaluación de la condición estructural y funcional de puentes, se limita a presentar las observaciones y recomendaciones generales para los puentes, y las estructuras o elementos conexos a estos con base en observaciones realizadas en el sitio durante la inspección de los componentes estructurales y no estructurales, accesorios, protecciones y los elementos de seguridad vial.

En este informe en particular, se limitan los comentarios y observaciones a aquellos daños en puentes que impacten en mayor grado su calificación de la condición.

No se cuenta en ningún caso con los planos de diseño, ni registros de la construcción, ni reportes de pruebas de materiales, ni planos de cómo quedó construido el puente, de las ocho estructuras inspeccionadas.

En el caso de que se quisiera verificar la capacidad estructural, 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.

Informe LM-PIE-UP-P02-2018	Setiembre, 2018	Página 8 de 64
----------------------------	-----------------	----------------

3. RESUMEN DE LA CONDICIÓN DE LOS PUENTES

Se realizaron inspecciones a un total de ocho puentes; la ruta inspeccionada inicia con el puente sobre la quebrada Hotel (en Puerto Viejo), continúa con los puentes sobre el Estero, la quebrada Sin Nombre, el río Cocles, el río Negro, la quebrada Ernesto, río Nedrick y finaliza en el puente sobre el río Holly San (en Manzanillo). La ubicación de los puentes se muestra en la Figura 1.

La Tabla No. 1 presenta el resumen de la condición actual observado en las ocho estructuras evaluadas. Las recomendaciones y observaciones de la Tabla No. 1 se basan en las evaluaciones de los componentes principales del puente según se muestra en el Anexo 1 y el registro fotográfico de los daños observados se muestra en el Anexo 2. El Anexo 3 muestra la calificación utilizada para establecer la condición de cada estructura.

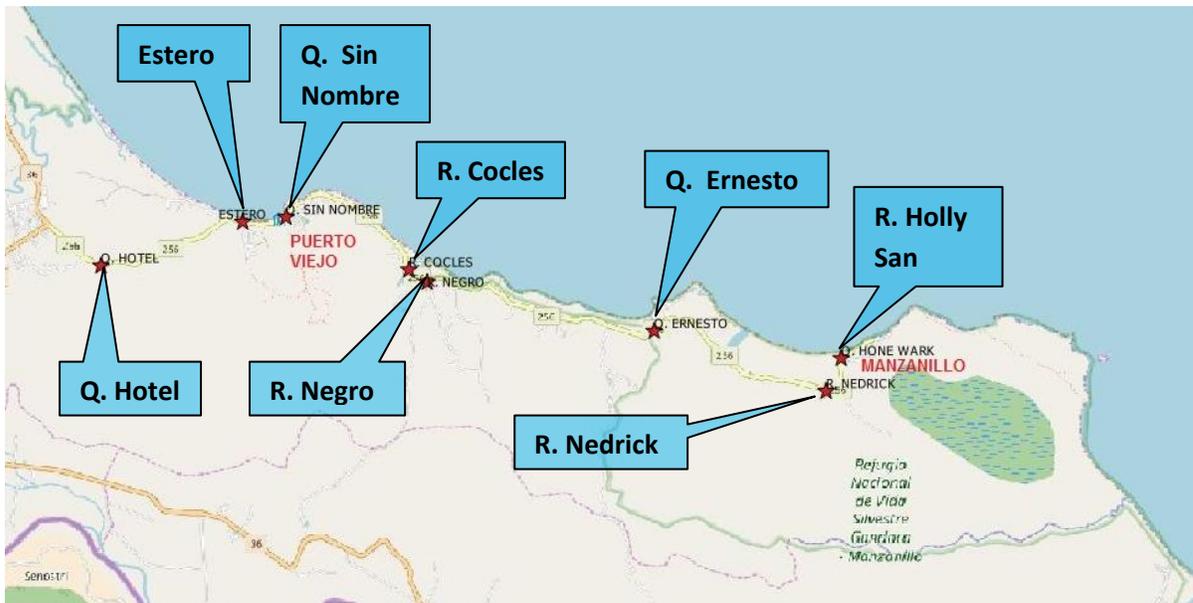


Figura 1. Ubicación de los ocho puentes evaluados en la Ruta Nacional No. 256.



Tabla No. 1. Resumen ejecutivo de la condición de las ocho estructuras inspeccionadas.

Puente (año construcción)	Condi- ción	Observaciones principales, "O", y recomendaciones prioritarias por puente, "R" (con énfasis en deficiencias de mayor relevancia)
1) Q. Hotel (Se desconoce cuándo fue construido)	SERIA	<p>O: Puente de un carril que presta servicio a una vía de dos carriles. Ausencia de barrera vehicular en el puente. Ausencia de guardavías en los accesos. Ausencia de aceras peatonales (ver figura 3). Juntas de expansión obstruidas. Agrietamiento disperso en dos direcciones en la superficie inferior del tablero. Socavación parcial del lecho junto a los bastiones sin observarse el desplante de la cimentación (ver figura 4). Agrietamiento por aplastamiento del concreto en el extremo aguas abajo del apoyo del bastión 2. Ausencia de elementos de protección hidráulica. Los aletones se extienden hasta los costados de la superestructura, pero se desconoce si tienen capacidad para funcionar como elementos de protección sísmica en el sentido transversal.</p> <p>R: Colocar guardavías en los accesos de acuerdo a las recomendaciones del fabricante a utilizar y barreras vehiculares en el puente acordes con el tipo de tránsito y velocidad de la ruta. Realizar una evaluación integral del puente, en donde además de establecer las medidas de intervención necesarias, se determine si el puente debe ser ampliado a dos carriles. Tomando en cuenta las medidas de intervención por definir en la recomendación anterior, analizar si es necesario proveer aceras o un paso peatonal independiente al puente, en donde en ambos casos se debe cumplir la Ley 7600. Determinar si se deben proveer elementos de protección sísmica según los Lineamientos para el Diseño Sismorresistente de Puentes (CFIA, 2013). Restituir el lecho en la ubicación de la cimentación de los bastiones y proveer elementos de protección hidráulica que protejan a la estructura de la socavación observada y evite que esta vuelva a suceder.</p>
2) Estero (Se desconoce cuándo fue construido)	RIESGO INACEPTABLE	<p>O: Puente de un carril que presta servicio a una vía de dos carriles. Es un puente modular temporal (tipo Bailey, ver figura 5). Puente con elementos principales metálicos ubicado frente al mar. Ausencia de guardavías en los accesos. Ausencia de aceras peatonales y se observó tránsito peatonal sobre el puente. Deformación de elementos de la armadura. Corrosión severa de la parte exterior visible de los pernos y de los bulones de conexión de las cerchas (ver figura 6). Existe un puente colapsado ubicado debajo, que limita la capacidad hidráulica bajo el puente. Ausencia de elementos de protección sísmica e hidráulica.</p> <p>R: Reemplazar el puente Bailey temporal por un puente permanente de dos carriles, cuyas especificaciones estén acorde con las condiciones ambientales severas por la ubicación frente al mar. Analizar la opción de proveer aceras o un paso peatonal independiente y paralelo al puente, en donde en ambos casos se debe cumplir con la Ley 7600. Eliminar el puente colapsado que se encuentra debajo del puente tipo Bailey. Mientras se sustituye el puente, en el corto plazo colocar guardavías en los accesos acordes con las recomendaciones del fabricante a utilizar y realizar alguna de las siguientes dos acciones: reemplazar el puente Bailey actual por otro nuevo o en la estructura actual reemplazar los elementos de cercha que presentan deformación permanente y reemplazar los bulones, pernos y en general aquellos elementos que presentan corrosión severa, por elementos galvanizados.</p>



Tabla No. 1. Resumen ejecutivo de la condición de las ocho estructuras inspeccionadas (continuación).

Puente (año construcción)	Condi- ción	Observaciones principales, "O", y recomendaciones prioritarias por puente, "R" (con énfasis en deficiencias de mayor relevancia)
3) Q. Sin Nombre (aprox. 1994)	ALARMANTE	<p>O: Puente de un carril que presta servicio a una vía de dos carriles. Ausencia de barrera vehicular en el puente. Ausencia de guardavías en los accesos. Ausencia de aceras peatonales y se observó tránsito peatonal sobre el puente (ver figura 7). Desgaste y huecos en la superficie superior del tablero de concreto. Puente con elementos principales de acero ubicado frente al mar sin mantenimiento del sistema de protección de pintura. Corrosión severa con pérdida de sección en las vigas principales (ver figura 8). Ausencia de elementos de protección sísmica para el sentido transversal. Ausencia de elementos de protección hidráulica. Las vigas evidencian apoyarse directamente sobre los bastiones, y además la zona se encuentra cubierta con sedimentos y humedad. Juntas de expansión sin sello y con deterioro del concreto adyacente. Vigas diafragma de acero presentan pérdida de sección por corrosión severa y evidencian ausencia de un diseño formal (ver figura 9). Acumulación de sedimentos en ambos costados. Ausencia de sistema de drenaje del puente.</p> <p>R: Como medida inmediata realizar un análisis de capacidad estructural y sísmica del puente existente que tome en cuenta la pérdida de sección de las vigas principales de acero y el estado del tablero de concreto para determinar si se debe o no restringir el tránsito sobre el puente, y luego, además de establecer las medidas de intervención necesarias en el puente, determinar si se debe ampliar a dos carriles. Tomando en cuenta las medidas de intervención por definir en la recomendación anterior, analizar si es necesario proveer aceras o un paso peatonal independiente al puente, en donde en ambos casos se debe cumplir la Ley 7600. Si del análisis se decide que se seguirán utilizando las vigas actuales, en el corto plazo preparar la superficie de acuerdo a su estado de conservación y protegerlas con un sistema de protección contra la corrosión con una vida útil adecuada y acorde con las condiciones ambientales del lugar, al cual se le deberá dar mantenimiento periódico. Colocar guardavías en los accesos acordes con las recomendaciones del fabricante a utilizar y barreras vehiculares en el puente acordes con la velocidad y tipo de tránsito de la ruta. Proveer elementos de protección sísmica para el sentido transversal según los Lineamientos para el Diseño Sismorresistente de Puentes (CFIA, 2013) y analizar si se deben colocar elementos de protección hidráulica. Sellar las juntas de expansión y reparar el concreto adyacente. Analizar si las condiciones de apoyo son apropiadas para un adecuado desempeño de la estructura y tomar las medidas de intervención necesarias. Proveer de vigas diafragma formalmente diseñadas en los extremos y al centro en caso de ser requerido.</p>



Tabla No. 1. Resumen ejecutivo de la condición de las ocho estructuras inspeccionadas (continuación).

Puente (año construcción)	Condi- ción	Observaciones principales, "O", y recomendaciones prioritarias por puente, "R" (con énfasis en deficiencias de mayor relevancia)
4) R. Cocles (Se desconoce cuándo fue construido)	ALARMANTE	<p>O: Puente de un carril que presta servicio a una vía de dos carriles. Ausencia de barrera vehicular en el puente. Ausencia de guardavías en los accesos. Ausencia de aceras peatonales (ver figura 10). Corrosión leve en los extremos de las vigas principales. Desgaste y huecos en la superficie superior del tablero de concreto, así como agrietamiento en la superficie inferior. Corrosión con pérdida de sección de los elementos de diafragma (ver figura 11). Deformación vertical permanente de las vigas principales integradas por dos elementos que no actúan en sección compuesta (ver figura 13). Juntas de expansión sin sello y con deterioro del concreto adyacente. Las vigas evidencian apoyarse directamente sobre los bastiones, y además la zona se encuentra cubierta con sedimentos y humedad (ver figura 11). Socavación del lecho junto al bastión oeste con exposición del cimientto (ver figura 12) y ausencia de elementos de protección hidráulica. Ausencia de elementos de protección sísmica para el sentido transversal. Acumulación de sedimentos en ambos costados. Ausencia de sistema de drenaje del puente.</p> <p>R: Como medida inmediata realizar un análisis de capacidad estructural y sísmica del puente existente que tome en cuenta la deformación permanente de la superestructura y la condición del tablero de concreto para determinar si se debe restringir o no el tránsito sobre el puente en su condición actual , y luego, además de establecer las medidas de intervención necesarias en el puente, determinar si se debe ampliar a dos carriles. Tomando en cuenta las medidas de intervención por definir en la recomendación anterior, analizar si es necesario proveer aceras o un paso peatonal independiente al puente, en donde en ambos casos se debe cumplir la Ley 7600. Si del análisis se decide que se seguirán utilizando las vigas actuales, en el corto plazo preparar la superficie de acuerdo a su estado de conservación y protegerlas con un sistema de protección contra la corrosión con una vida útil adecuada, al cual se le deberá dar mantenimiento periódico. Colocar guardavías en los accesos acordes con las recomendaciones del fabricante a utilizar y barreras vehiculares en el puente acordes con el tipo de tránsito y velocidad de la ruta. Proveer elementos de protección sísmica según los Lineamientos para el Diseño Sismorresistente de Puentes (CFIA, 2013) y analizar si se deben colocar elementos de protección hidráulica que corrijan la socavación observada y evite que vuelva a suceder. Sellar las juntas de expansión y reparar el concreto adyacente. Analizar si las condiciones de apoyo son apropiadas para un adecuado desempeño de la estructura y tomar las medidas de intervención necesarias. Reemplazar los diafragmas que presentan daño.</p>



Tabla No. 1. Resumen ejecutivo de la condición de las ocho estructuras inspeccionadas (continuación).

Puente (año construcción)	Condi- ción	Observaciones principales, "O", y recomendaciones prioritarias por puente, "R" (con énfasis en deficiencias de mayor relevancia)
5) R. Negro (Se desconoce cuándo fue construido)	SERIA	<p>O: Puente de un carril que presta servicio a una vía de dos carriles. Ausencia de barrera vehicular en el puente. Ausencia de guardavías en los accesos. Ausencia de aceras peatonales y se observó tránsito peatonal sobre el puente (ver figura 14). Desgaste y huecos en la superficie superior del tablero de concreto. Los diafragmas aparentan no haber sido detallados con base en criterios ingenieriles. Oxidación puntual a lo largo de las vigas principales (ver figura 16) y corrosión moderada en los extremos. Juntas de expansión sin sello y con deterioro del concreto adyacente. Las vigas evidencian apoyarse directamente sobre los bastiones, y además la zona se encuentra cubierta con sedimentos y humedad (ver figura 15). Ausencia de elementos de protección sísmica para el sentido transversal. Ausencia de elementos de protección hidráulica. Acumulación de sedimentos en ambos costados. Ausencia de sistema de drenaje del puente.</p> <p>R: Colocar guardavías en los accesos de acuerdo a las recomendaciones del fabricante a utilizar y barreras vehiculares en el puente acordes con el tipo de tránsito y la velocidad de la ruta. Realizar una evaluación integral del puente, en donde además de determinar las medidas de intervención necesarias, incluyendo para la superficie superior del tablero de concreto acorde con su estado de conservación deficiente, se establezca si el puente debe ser ampliado a dos carriles. Tomando en cuenta las medidas de intervención por definir en la recomendación anterior, analizar si se deben de proveer aceras o un paso peatonal independiente y paralelo al puente, en donde en ambos casos se debe cumplir con la Ley 7600. Proveer elementos de protección sísmica para el sentido transversal según los Lineamientos para el Diseño Sismorresistente de Puentes (CFIA, 2013) y analizar si se deben colocar elementos de protección hidráulica. Sellar las juntas de expansión y reparar el concreto adyacente. Proteger contra la corrosión los elementos metálicos, sistema que deberá tener una vida útil adecuada y al cual se le deberá dar mantenimiento periódico. Analizar si las condiciones de apoyo son apropiadas para un adecuado desempeño de la estructura y tomar las medidas de intervención necesarias. Proveer de vigas diafragma formalmente detalladas.</p>



Tabla No. 1. Resumen ejecutivo de la condición de las ocho estructuras inspeccionadas (continuación).

Puente (año construcción)	Condi- ción	Observaciones principales, "O", y recomendaciones prioritarias por puente, "R" (con énfasis en deficiencias de mayor relevancia)
6) Q. Ernesto (Se desconoce cuándo fue construido)	SERIA	<p>O: Puente de un carril que presta servicio a una vía de dos carriles. Ausencia de barrera vehicular en el puente. Las vigas principales están apoyadas directamente sobre los bastiones. Ausencia de guardavías en los accesos. Ausencia de aceras peatonales (ver figura 17). Desgaste y huecos en la superficie superior del tablero de concreto. Los diafragmas aparentan no haber sido detallados con base en criterios ingenieriles (ver figura 18). Juntas de expansión sin sello y con deterioro del concreto adyacente. Extremos de las vigas en contacto con sedimentos lo cual ha provocado oxidación (ver figura 19), adicionalmente se observaron puntos de oxidación distribuidos en los otros sectores de las vigas. Ausencia de elementos de protección sísmica para el sentido transversal. Ausencia de elementos de protección hidráulica. Acumulación de sedimentos en ambos costados. Ausencia de sistema de drenaje del puente.</p> <p>R: Colocar guardavías en los accesos de acuerdo a las recomendaciones del fabricante a utilizar y barreras vehiculares en el puente acordes con el tipo de tránsito y la velocidad de la ruta. Realizar una evaluación integral del puente, en donde además de determinar las medidas de intervención necesarias, incluyendo para la superficie superior del tablero de concreto acorde con su estado de conservación deficiente, se establezca si el puente debe ser ampliado a dos carriles. Tomando en cuenta las medidas de intervención por definir en la recomendación anterior, analizar si se deben de proveer aceras o un paso peatonal independiente y paralelo al puente, en donde en ambos casos se debe cumplir con la Ley 7600. Proveer elementos de protección sísmica según los Lineamientos para el Diseño Sismorresistente de Puentes (CFIA, 2013) y analizar si se deben colocar elementos de protección hidráulica. Sellar las juntas de expansión y reparar el concreto adyacente. Proteger contra la corrosión los elementos metálicos, sistema que deberá tener una vida útil adecuada y al cual se le deberá dar mantenimiento periódico. Proveer de vigas diafragma formalmente detalladas. Analizar si las condiciones de apoyo son apropiadas para un adecuado desempeño de la estructura y tomar las medidas de intervención necesarias.</p>



Tabla No. 1. Resumen ejecutivo de la condición de las ocho estructuras inspeccionadas (continuación).

Puente (año construcción)	Condi- ción	Observaciones principales, "O", y recomendaciones prioritarias por puente, "R" (con énfasis en deficiencias de mayor relevancia)
7) R. Nedrick (Se desconoce cuándo fue construido)	ALARMANTE	<p>O: Puente de un carril que presta servicio a una vía de dos carriles. Ausencia de guardavías en los accesos. Ausencia de aceras peatonales y se observó tránsito peatonal sobre el puente (ver figura 20). Las vigas principales están apoyadas directamente sobre los bastiones. Desgaste y huecos en la superficie superior del tablero de concreto. Los diafragmas aparentan no haber sido detallados con base en criterios ingenieriles (ver figura 21). Juntas de expansión sin sello y con deterioro del concreto adyacente. Oxidación puntual a lo largo de las vigas principales y corrosión moderada en los extremos. Deformación lateral por pandeo lateral torsional de las vigas principales (ver figura 21). Ausencia de elementos de protección sísmica para el sentido transversal. Ausencia de elementos de protección hidráulica. Apoyos cubiertos con sedimentos (ver figura 22). Acumulación de sedimentos en ambos costados. Ausencia de sistema de drenaje del puente.</p> <p>R: Como medida inmediata realizar un análisis de capacidad estructural y sísmica que tome en cuenta la deformación permanente por pandeo lateral torsional de la superestructura y el estado del tablero de concreto para determinar si se debe restringir o no el tránsito sobre el puente, y luego, además de establecer las medidas de intervención necesarias en el puente, determinar si se debe ampliar a dos carriles. Tomando en cuenta las medidas de intervención por definir en la recomendación anterior, analizar si es necesario proveer aceras o un paso peatonal independiente al puente, en donde en ambos casos se debe cumplir la Ley 7600. Colocar guardavías en los accesos de acuerdo a las recomendaciones del fabricante a utilizar. Analizar si las barreras vehiculares del puente son adecuadas para el tipo de tránsito al que el puente presta servicio. Proveer elementos de protección sísmica para el sentido transversal según los Lineamientos para el Diseño Sismorresistente de Puentes (CFIA, 2013) y analizar si se deben colocar elementos de protección hidráulica. Sellar las juntas de expansión y reparar el concreto adyacente. Proteger contra la corrosión los elementos metálicos en el corto plazo, principalmente en la zona de los extremos, sistema que deberá tener una vida útil adecuada y al cual se le deberá dar mantenimiento periódico. Analizar si las condiciones de apoyo son apropiadas para un adecuado desempeño de la estructura y tomar las medidas de intervención necesarias.</p>



Tabla No. 1. Resumen ejecutivo de la condición de las ocho estructuras inspeccionadas (continuación).

Puente (año construcción)	Condi- ción	Observaciones principales, "O", y recomendaciones prioritarias por puente, "R" (con énfasis en deficiencias de mayor relevancia)
8) R. Holly San (Se desconoce cuándo fue construido)	SERIA	<p>O: Puente de un carril que presta servicio a una vía de dos carriles. Ausencia de barrera vehicular en el puente. Ausencia de guardavías en los accesos. Ausencia de aceras peatonales (ver figura 23). Ausencia de diafragmas. Oxidación generalizada e inicios de corrosión en las alas inferiores de las vigas principales, además puntos de oxidación distribuidos en el alma de estas vigas. Ausencia de elementos de protección hidráulica. Erosión en los taludes frente a ambos bastiones.</p> <p>R: Colocar guardavías en los accesos de acuerdo a las recomendaciones del fabricante a utilizar y barreras vehiculares en el puente acordes con el tipo de tránsito y la velocidad de la ruta. Realizar una evaluación integral del puente, en donde además de determinar las medidas de intervención necesarias, se establezca si el puente debe ser ampliado a dos carriles. Tomando en cuenta las medidas de intervención por definir en la recomendación anterior, analizar si se deben de proveer aceras o un paso peatonal independiente y paralelo al puente, en donde en ambos casos se debe cumplir con la Ley 7600. Analizar si se debe proveer elementos de protección hidráulica. Proteger contra la corrosión los elementos de acero, sistema que deberá tener una vida útil adecuada y al cual se le deberá dar mantenimiento periódico. Proveer de vigas diafragma internas formalmente detalladas, en caso de que se determine que son necesarias.</p>

4. OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES

En este informe se presentan las observaciones realizadas durante la evaluación visual de la condición de ocho puentes ubicados a lo largo de la Ruta Nacional No. 256. A manera de resumen, se muestran los resultados de la condición mostrados en la Tabla No. 1 de forma esquemática en la Figura 2.

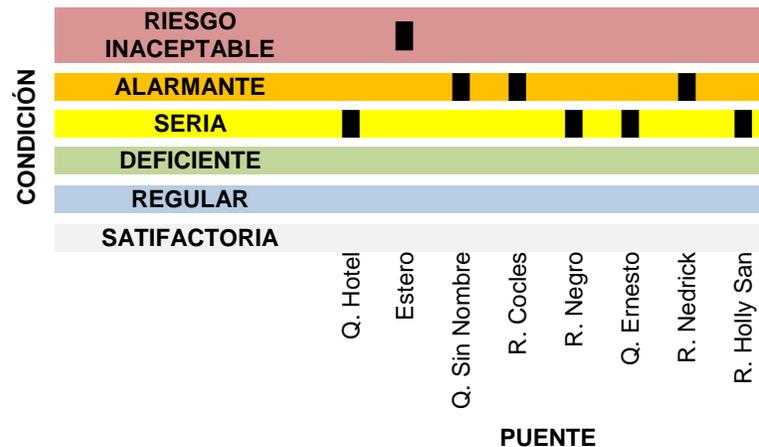


Figura 2. Resumen de la condición de los ocho puentes inspeccionados en la ruta nacional primaria No. 256.

4.1. OBSERVACIONES GENERALES.

Con base en los resultados mostrados en la Figura 2 y la Tabla No. 1, las características generales de los puentes de la ruta y los tipos de daños observados, se obtienen las siguientes observaciones generales para el tramo evaluado:

1) Con respecto a las condiciones de servicio y de seguridad vial, todos los puentes son de un carril y prestan servicio a una vía de dos carriles, situación que puede generar congestión vehicular en la ruta y disminución de los niveles de servicio. Además, todos los

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN	
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P02-2018	Página 18/64

puentes, excepto el puente sobre el río Nedrick, carecen de un sistema de contención vehicular en el puente o barreras vehiculares, que evite la caída de los vehículos al cauce del río. Adicionalmente, ninguno de los puentes cuenta con un sistema de contención vehicular en los accesos o guardavías, que evite la caída de los vehículos al cauce del río desde los accesos. El riesgo de caída de vehículo se agrava si se considera que las estructuras son de un solo carril. Continuando con la seguridad vial, ninguno de los puentes dispone de aceras, a pesar de que durante las inspecciones se evidenció el uso de algunos por parte de peatones, las condiciones evidenciadas no se ajustan a lo requerido por la Ley 7600.

2) Todos los puentes, a excepción del puente sobre la quebrada Hotel, cuentan con superestructuras con elementos principales metálicos y ubicados relativamente cerca del mar (los casos más severos son los puentes del Estero y la quebrada Sin Nombre ya que se encuentran directamente frente al mar), además de que se evidenció falta de mantenimiento del sistema de protección de pintura o ausencia del mismo, condición ambiental y de conservación que puede influir en un deterioro acelerado de los elementos y componentes metálicos de la estructura.

3) El puente sobre el Estero es un puente modular (tipo Bailey) que se ubica sobre el puente original que colapsó. Al consultar a vecinos de la zona, el colapso del puente original ocurrió durante el evento sísmico de 1991. Dicho colapso es evidencia del potencial de la zona ante el fenómeno de licuación del terreno, el cual ocurrió también en otros puentes de las Rutas Nacionales No. 32 y 36 durante dicho evento sísmico.

4) El puente sobre el Estero presenta una condición de **RIESGO INACEPTABLE** debido a la corrosión severa de pernos y bulones que conectan elementos de las cerchas principales. Dicha condición implica que el puente tiene una necesidad de atención inmediata.

5) Tres puentes, a saber: quebrada Sin Nombre, río Cocles y río Nedrick, presentan condición **ALARMANTE** principalmente por daños que evidencian la pérdida de resistencia, como lo es la corrosión con pérdida de sección en las vigas principales en el puente sobre la

Informe LM-PIE-UP-P02-2018	Setiembre, 2018	Página 18 de 64
----------------------------	-----------------	-----------------

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN	
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P02-2018	Página 19/64

quebrada Sin Nombre, o por evidencia de capacidad insuficiente de los elementos estructurales principales, como lo son las deformaciones permanentes de la superestructuras de los puentes sobre los ríos Cocles (deflexión vertical de elementos que conforman las vigas principales que no actúan en sección compuesta) y Nedrick (pandeo lateral torsional). Dicha condición implica que la estabilidad del puente puede estar comprometida y la necesidad de atención debería ser prioritaria.

6) Los cuatro puentes restantes presentan condición **SERIA**, lo que indica que los puentes presentan deterioro significativo en uno o varios elementos primarios, o la falla o ausencia de elementos secundarios. Dichos puentes tienen una necesidad de atención pronta para detener la progresión del daño. Los seis puentes en condición **SERIA** presentan principalmente daños en la losa de concreto reforzado del tablero (desgaste y agrietamiento), las juntas de expansión (ausencia del sello impermeable y daños en el concreto adyacente) y los apoyos (contacto con sedimentos provenientes de las juntas abiertas o contacto directo de las vigas sobre los bastiones). Además, como ya se indicó en la observación general 1, se observan deficiencias en seguridad vial, como por ejemplo la ausencia de aceras para peatones, barreras de contención vehicular y guardavías. Todos estos deterioros se repiten en los puentes con condición **ALARMANTE** pero en donde el estado de conservación lo define un elemento con peor condición.

7) Las condiciones observadas en los ocho puentes a lo largo del tramo en estudio, permiten concluir que las estructuras han carecido a lo largo de su vida de servicio de tareas de conservación para preservar su valor como activo, ya sean estas por *mantenimiento preventivo* o *rehabilitación*, lo cual ha provocado en muchos casos la evolución de daños cuya solución inicial era más económica. Por ejemplo, la condición comentada anteriormente de deterioro de las juntas de expansión ha provocado descarga de agua y acumulación de sedimentos sobre los apoyos, y con ello el deterioro importante de los mismos y de los extremos de las vigas metálicas.

8) Todos los puentes, excepto el puente sobre el río Holly San, que tiene las vigas principales embebidas en los bastiones y en donde por lo tanto se previene el movimiento

Informe LM-PIE-UP-P02-2018	Setiembre, 2018	Página 19 de 64
----------------------------	-----------------	-----------------

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN	
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P02-2018	Página 20/64

relativo entre la superestructura y la subestructura, presentan la ausencia de elementos para la prevención del colapso ante sismo para el sentido transversal al tránsito vehicular, lo que aumenta su vulnerabilidad ante eventos sísmicos.

9) La Ruta Nacional No. 256 no cuenta con una *ruta alterna*. Únicamente el puente sobre el río Holly San cuenta con una *ruta alterna* en caso de un eventual colapso debido a la cercanía con el poblado de Manzanillo. Lo anterior implica que las comunidades de Manzanillo, Punta Uva o Puerto Viejo podrían quedar incomunicadas ante un eventual colapso de uno o varios puentes de la ruta. Además, los vehículos para atención de emergencias tampoco tendrían acceso a dichas comunidades.

10) En las inspecciones visuales se evidenció erosión del cauce, socavación general y local con exposición de las placas de cimentación en dos puentes: quebrada Hotel y río Cocles. Adicionalmente, en la quebrada Hotel, río Cocles, río Negro, y río Hone Wark se observó erosión del cauce del río. Ambas observaciones son un indicativo de la necesidad de proveer a las estructuras de elementos de protección hidráulica debidamente diseñados para un período de retorno adecuado, los cuales no existen en ninguno de los ocho puentes evaluados.

4.2. RECOMENDACIONES GENERALES.

Con el propósito de contribuir en la atención, desde la perspectiva de la condición, del tramo analizado, se recomienda analizar la realización de las siguientes acciones:

1) Realizar una evaluación integral detallada de las todas las estructuras del tramo en estudio, tomando en cuenta que éstas fueron diseñadas y proyectadas para condiciones de tránsito vehicular y peatonal distintas a las utilizadas hoy en día, por lo que todas prestan servicio con un carril a una vía de dos carriles y carecen de paso peatonal, además del estado de deterioro actual de los componentes, el análisis económico de las distintas opciones de intervención posibles y cualquier otro aspecto estructural, funcional, de seguridad vial, geotécnico, sísmico e hidrológico-hidráulico que aplique a cada puente en

Informe LM-PIE-UP-P02-2018	Setiembre, 2018	Página 20 de 64
----------------------------	-----------------	-----------------

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN	
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P02-2018	Página 21/64

particular, con el fin de brindar a la Administración información sobre la gestión a realizar en cada caso, sean estos trabajos de intervención ya sea de labores de *mantenimiento preventivo, rehabilitación o la sustitución* de la estructura.

2) Debido a que la condición del puente sobre el Estero es de **RIESGO INACEPTABLE**, se recomienda su sustitución por uno permanente de dos carriles cuyas especificaciones estén acorde con las condiciones severas por la ubicación frente al mar. Como acciones inmediatas mientras se sustituye el puente, se recomienda reemplazar el puente Bailey actual por otro nuevo o en la estructura actual reemplazar los elementos de cercha que presentan deformación permanente y reemplazar los bulones, pernos y en general aquellos elementos que presentan corrosión severa, por elementos galvanizados.

3) Con base en el estado de la condición, posteriormente son prioritarios los análisis integrales detallados y la intervención de los puentes sobre la quebrada Sin Nombre y los ríos Cocles y Nedrick, ya que su condición es **ALARMANTE**. Por su estado de la condición, vulnerabilidad sísmica, condiciones hidrológicas-hidráulicas y características de servicio (un carril de tránsito y ausencia de aceras), estos puentes son candidatos a ser *sustituídos*; sin embargo, debe realizarse el análisis técnico y económico mencionado en la recomendación 1, para definir la solución más eficiente. Como medida inmediata y con base en los resultados de los análisis integrales detallados que se realicen, se recomienda determinar si es necesario restringir el tránsito sobre el puente.

4) Seguidamente, evaluar detalladamente e intervenir el resto de las estructuras clasificadas como en condición **SERIA**, con los criterios mencionados en la recomendación 1, las cuales a pesar de que no tienen una necesidad de atención prioritaria, también son candidatas a analizar su ampliación por medio de una *rehabilitación o sustitución*, por las características de servicio (un sólo carril) y de ausencia de aceras que presentan.

5) En todos los casos se recomienda que, independientemente de la decisión de intervención que se tome, se coloquen en el corto plazo guardavías en los accesos de acuerdo a las recomendaciones del fabricante a utilizar y barreras de contención vehicular en

Informe LM-PIE-UP-P02-2018	Setiembre, 2018	Página 21 de 64
----------------------------	-----------------	-----------------

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	
	INFORME DE EVALUACIÓN	
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P02-2018	Página 22/64

el puente acorde con el tipo de tránsito y la velocidad de la ruta. En el caso específico del puente sobre el río Nedrick, se recomienda analizar si las barreras vehiculares del puente son adecuadas para el tipo de tránsito al que el puente presta servicio.

6) Para el caso de los puentes con vigas de acero, que son la mayoría, debido a la cercanía con el mar y el estado de conservación de los elementos, si se decide seguir utilizando la misma superestructura, se recomienda en el corto plazo preparar la superficie con un tratamiento acorde con la condición de la misma, y aplicar un sistema de protección de pintura que deberá tener una vida útil adecuada para las condiciones ambientales de la ubicación del puente, y al cual se le deberá dar mantenimiento periódico según se determine que es necesario.

7) Todos los diseños, ya sea el de *rehabilitaciones* de puentes existentes (incluyendo la inclusión de elementos de protección transversal sísmica y de protección hidráulica en la ubicación del puente) o de *sustituciones*, deben considerar como mínimo la carga vehicular de diseño HL-93 de las especificaciones AASHTO LRFD vigentes (hoy en día la octava edición del 2017), las consideraciones de los Lineamientos para Diseño Sismorresistente de Puentes (CFIA, 2013), los requisitos del Manual de Consideraciones Técnicas Hidrológicas e Hidráulicas para la Infraestructura Vial de Centroamérica (SIECA, 2016) y las recomendaciones de los documentos HEC-23 volúmenes 1 y 2.

8) Todos los trabajos de intervención que se lleven a cabo deben considerar las condiciones particulares de la ruta como, como por ejemplo: las condiciones ambientales de proximidad al mar en términos de durabilidad, la sismicidad de la zona, el potencial de licuación del terreno, las características de las cuencas y su potencial de erosión y socavación ante eventos *hidrometeorológicos extremos*, el uso de los puentes por parte de peatones y ciclistas, el porcentaje de vehículos pesados que transitan y la velocidad de la ruta para efectos de proveer dispositivos de seguridad vial acordes a esa realidad.

Se asume que estas recomendaciones serán evaluadas por los profesionales que la Administración asigne como responsables del mantenimiento y rehabilitación de las

Informe LM-PIE-UP-P02-2018	Setiembre, 2018	Página 22 de 64
----------------------------	-----------------	-----------------

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN	
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P02-2018	Página 23/64

estructuras. Las deficiencias mencionadas en este informe corresponden únicamente a aquellos daños o defectos de mayor impacto estructural o en funcionalidad de los puentes, por lo que las estructuras deben ser evaluadas de forma integral nuevamente previo a cualquier trabajo de intervención o rehabilitación general de la estructura. Además, en caso de ser requerido para alguna de las estructuras, 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	
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P02-2018	Página 24/64

5. REFERENCIAS

1. AASHTO (2000). *Transportation Policy Book*. American Association of State Highway and Transportation Officials.
2. CFIA (2013). *Lineamientos para el Diseño Sismorresistente de Puentes*. Comisión Permanente de Estudio y revisión del Código Sísmico de Costa Rica. Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos. San José Costa Rica.
3. FHWA (2009). *Bridge Scour and Stream Instability Countermeasures: Experience, Selection, and Design Guidance-Third Edition*. Volume 1. Hydraulic Engineering Circular No. 23. Publication No. FHWA-NHI-09-111. U.S. Department of Transportation. Federal Highway Administration. Virginia, USA.
4. FHWA (2009). *Bridge Scour and Stream Instability Countermeasures: Experience, Selection, and Design Guidance-Third Edition*. Volume 2. Hydraulic Engineering Circular No. 23. Publication No. FHWA-NHI-09-112. U.S. Department of Transportation. Federal Highway Administration. Virginia, USA.
5. FHWA (2011). *Bridge Preservation Guide*. Publication N° FHWA-HIF-11042. U.S. Department of Transportation. Federal Highway Administration. Virginia, USA.
6. IPCC (2012). *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation*. Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA.
7. Muñoz-Barrantes, J., Vargas-Alas, L.G., Agüero-Barrantes, P., Villalobos-Vega, E., Barrantes-Jiménez, R., Loria-Salazar, L.G. (2015). *Actualización de los Criterios para la evaluación visual de puentes LM-PI-UP-05-2015*. San José, Costa Rica: Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA), LanammeUCR.
8. MOPT (2018). *Sistema de Administración de Estructuras de Puentes (SAEP)*. [http://saep.conavi.go.cr:9080/SAEP CONAVI Web/login.faces](http://saep.conavi.go.cr:9080/SAEP_CONAVI_Web/login.faces). Ministerio de Obras Públicas y Transportes. San José, Costa Rica.

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	
	INFORME DE EVALUACIÓN	
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P02-2018	Página 25/64

9. SIECA (2016). *Manual de Consideraciones Técnicas Hidrológicas e Hidráulicas para Infraestructura Vial en Centroamérica*. Secretaría de Integración Económica Centroamericana. El Salvador.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN	
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P02-2018	Página 26/64

Página intencionalmente dejada en blanco

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN	
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P02-2018	Página 27/64

ANEXO 1

Detalle de la determinación de la condición de los
8 puentes evaluados en la Ruta Nacional No. 256

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN	
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P02-2018	Página 28/64

Página intencionalmente dejada en blanco

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	
	INFORME DE EVALUACIÓN	
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P02-2018	Página 29/64

A continuación se detalla en la Tabla A1 un resumen de los hallazgos de mayor impacto en la calificación para las ocho estructuras inspeccionadas. En la Tabla A1 se tienen 4 columnas: en la primera Elemento evaluado se indica cual aspecto se evalúa del puente. La siguiente columna, Inspección Visual, indica los aspectos de mayor importancia observados por elemento en la visita (incluye según la severidad y tipo de daño una fotografía). En la tercera columna, Calificación, se indica la calificación en una escala del 1 al 6 correspondiente a los elementos correspondientes de la primera columna (consultar Anexo 4, clasificación). Finalmente, Condición observada, da la condición determinada luego de la inspección visual.

Tabla No. A1. Condición de los puentes y sus elementos ((FX), indica: ver figura FX)

1) Puente sobre la quebrada Hotel			
Elementos evaluados	Inspección Visual	Calif.	Condición observada
Seguridad Vial	Ausencia de barrera vehicular y aceras (F3)	4	Seria
Accesorios	Drenajes sin tubos de extensión	1	
Superestructura	Grietas en dos direcciones en el tablero	2	
Subestructura	Socavación con exposición del cemento (F4)	4	
Protecciones	Ausencia de elementos de protección hidráulica y sísmica para el sentido transversal	3	
2) Puente sobre el Estero			
Elementos evaluados	Inspección Visual	Calif.	Condición observada
Seguridad Vial	Ausencia aceras y cerchas funcionando como barrera vehicular (F5)	4	Riesgo Inaceptable
Accesorios	Ausencia de sistema de drenaje	3	
Superestructura	Impactos en elementos de la cercha y corrosión en elementos, pernos y bulones (F6)	6	
Subestructura	No aplica	NA	
Protecciones	Ausencia de elementos de protección hidráulica y sísmica para el sentido transversal	3	
3) Puente sobre la quebrada Sin Nombre			
Elementos evaluados	Inspección Visual	Calif.	Condición observada
Seguridad Vial	Ausencia de barrera vehicular y aceras (F7)	4	Alarmante
Accesorios	Descarga de agua a través de las juntas de expansión	3	
Superestructura	Corrosión con pérdida de sección en vigas (F8)	5	
Subestructura	Apoyos cubiertos con sedimentos (F8)	4	
Protecciones	Ausencia de elementos de protección hidráulica y sísmica para el sentido transversal	3	

Tabla No. A1. (Continuación) Condición de los puentes y sus elementos

4) Puente sobre el río Cocles			
Elementos evaluados	Inspección Visual	Calif.	Condición observada
Seguridad Vial	Ausencia de barrera vehicular y aceras (F10)	4	Alarmante
Accesorios	Descarga de agua a través de las juntas de expansión	3	
Superestructura	Deformación vertical permanente (F13)	5	
Subestructura	Apoyos cubiertos con sedimentos (F11) y socavación con exposición del cimientó (F12)	4	
Protecciones	Ausencia de elementos de protección hidráulica y sísmica para el sentido transversal	3	

5) Puente sobre el río Negro			
Elementos evaluados	Inspección Visual	Calif.	Condición observada
Seguridad Vial	Ausencia de barrera vehicular y aceras (F14)	4	Seria
Accesorios	Descarga de agua a través de las juntas de expansión	3	
Superestructura	Oxidación en vigas principales (F16)	4	
Subestructura	Apoyos cubiertos con sedimentos (F15)	4	
Protecciones	Ausencia de elementos de protección hidráulica y sísmica para el sentido transversal	3	

6) Puente sobre la quebrada Ernesto			
Elementos evaluados	Inspección Visual	Calif.	Condición observada
Seguridad Vial	Ausencia de barrera vehicular y aceras (F17)	4	Seria
Accesorios	Descarga de agua a través de las juntas de expansión	3	
Superestructura	Oxidación en vigas principales	4	
Subestructura	Apoyos cubiertos con sedimentos (F19)	4	
Protecciones	Ausencia de elementos de protección hidráulica y sísmica para el sentido transversal	3	

7) Puente Sobre el río Nedrick			
Elementos evaluados	Inspección Visual	Calif.	Condición observada
Seguridad Vial	Ausencia de aceras (F20)	4	Alarmante
Accesorios	Descarga de agua a través de las juntas de expansión (F22)	3	
Superestructura	Deformación por pandeo lateral torsional en vigas (F21)	5	
Subestructura	Apoyos cubiertos con sedimentos (F22)	4	
Protecciones	Ausencia de elementos de protección hidráulica y sísmica para el sentido transversal	3	

Tabla No. A1. (Continuación) Condición de los puentes y sus elementos

8) Puente Sobre el río Holly San			
Elementos evaluados	Inspección Visual	Calif.	Condición observada
Seguridad Vial	Ausencia de barrera vehicular y aceras (F23)	4	Seria
Accesorios	Desgaste de la superficie de rodamiento	1	
Superestructura	Oxidación en vigas principales (F24)	4	
Subestructura	Sin daño observado	1	
Protecciones	Ausencia de elementos de protección hidráulica	3	

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN	
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P02-2018	Página 32/64

Página intencionalmente dejada en blanco

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN	
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P02-2018	Página 33/64

ANEXO 2

Detalle fotográfico de las deficiencias observadas en los puentes

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN	
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P02-2018	Página 34/64

Página intencionalmente dejada en blanco



Ausencia guardavías, aceras y barreras

Figura 3: Puente sobre quebrada Hotel. Ausencia de aceras, guardavías, barreras vehiculares y evidencia de ciclistas en la ruta. Nótese en la fotografía que el puente es de un carril y la presencia de ciclistas.



Figura 4: Puente sobre quebrada Hotel. Erosión del cauce con socavación local y exposición del cemento del bastión.



Ausencia de guardavías y aceras

Cerchas funcionan como barreras

Figura 5: Puente sobre Estero. Ausencia de aceras, guardavías y cerchas funcionando como barreras vehiculares. Nótese que el puente es de un carril.



Corrosión en y bulones pernos de cerchas



Corrosión con pérdida de sección en elementos de soporte lateral

Elementos impactados

Figura 6: Puente sobre Estero. Elementos de cerchas impactados y corrosión con pérdida de sección en elementos de soporte lateral y pernos.



Figura 7: Puente sobre quebrada Sin Nombre. Ausencia de aceras, guardavías en los accesos, barreras vehiculares, evidencia de ciclistas en la ruta y desgaste en tablero. Nótese que el puente es de un carril y la presencia de ciclistas.



Figura 8: Puente sobre quebrada Sin Nombre. Apoyos cubiertos con sedimentos y corrosión con pérdida de sección en vigas de acero.



Figura 9: Puente sobre quebrada Sin Nombre. Corrosión con pérdida de sección en vigas diafragma de acero y evidencia de ausencia de un diseño formal de las mismas.



Figura 10: Puente sobre el río Cocles. Ausencia de aceras, guardavías, barreras vehiculares. Nótese que el puente es de un carril y la presencia de ciclistas.



Figura 11: Puente sobre el río Cocles. Corrosión con pérdida de sección en vigas diafragma de acero, Apoyos cubiertos con sedimentos y evidencia de filtración de agua en bastiones



Figura 12: Puente sobre el río Cocles. Socavación con exposición del cemento



Figura 13: Puente sobre el río Cocles. Deformación permanente en vigas principales de acero y evidencia de que elementos de vigas principales no actúan en sección compuesta.



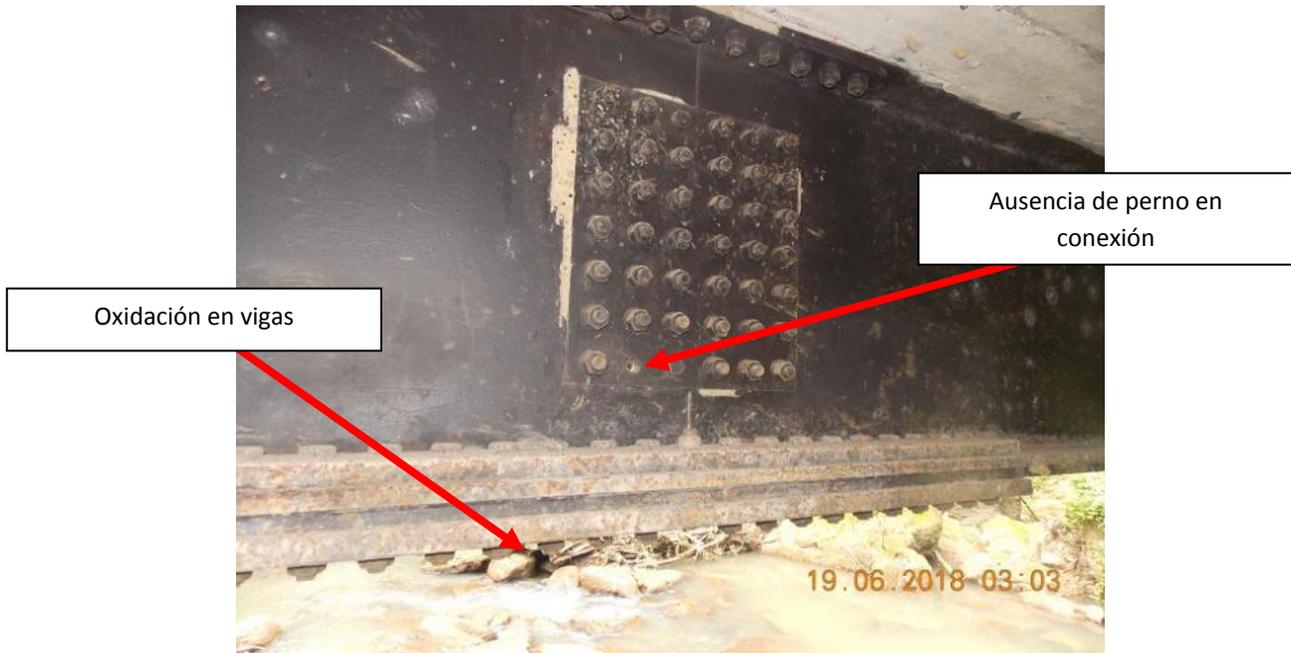
Figura 14: Puente sobre el río Negro. Ausencia de aceras, guardavías y barreras vehiculares. Nótese que el puente es de un carril.



Vigas diafragma mal detalladas

Sedimentos en apoyos

Figura 15: Puente sobre el río Negro. Vigas diafragma mal detalladas y apoyos cubiertos con sedimentos.



Oxidación en vigas

Ausencia de perno en conexión

Figura 16: Puente sobre el río Negro. Oxidación de vigas de acero y ausencia de perno en conexión de vigas principales.



Figura 17: Puente sobre la quebrada Ernesto. Ausencia de aceras, guardavías y barreras vehiculares. Nótese que el puente es de un carril.



Figura 18: Puente sobre la quebrada Ernesto. Vigas diafragma mal detalladas.

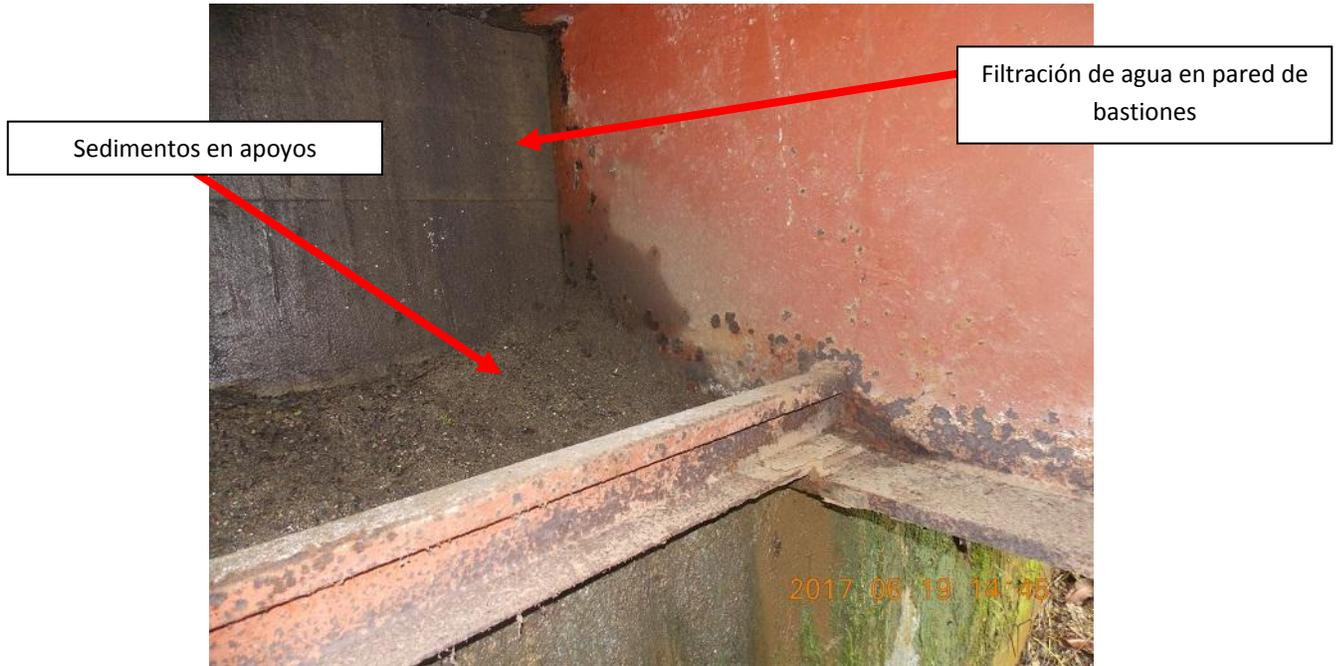


Figura 19: Puente sobre la quebrada Ernesto. Oxidación localizada y Apoyos cubiertos con sedimentos



Figura 20: Puente sobre el río Nedrick. Ausencia de aceras, guardavías y deficiencias en barrera vehicular. Nótese que el puente es de un carril.



Figura 21: Puente sobre el río Nedrick. Pandeo flexional torsional en viga de acero y vigas diafragma mal detalladas.



Figura 22: Puente sobre el río Nedrick. Apoyos cubiertos con sedimentos y mal detalladas.



Figura 23: Puente sobre el río Holly San. Ausencia de aceras, guardavías y barreras vehiculares. Nótese que el puente es de un carril.



Figura 24: Puente sobre el río Holly San. Oxidación e inicios de corrosión en vigas de acero principales.



Figura 25: Puente sobre el río Holly San. Ausencia de vigas diafragma y erosión del talud frente al bastión.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN	
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P02-2018	Página 47/64

ANEXO 3

Descripción de las categorías de calificación
 cualitativa de la condición del puente de acuerdo
 con informe LM-PI-UP-05-2015

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN	
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P02-2018	Página 48/64

Página intencionalmente dejada en blanco

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	
	INFORME DE EVALUACIÓN	
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P02-2018	Página 49/64

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

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN	
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P02-2018	Página 50/64

Página intencionalmente dejada en blanco

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	
	INFORME DE EVALUACIÓN	
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P02-2018	Página 51/64

ANEXO 4

Glosario

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN	
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P02-2018	Página 52/64

Página intencionalmente dejada en blanco

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN	
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P02-2018	Página 53/64

- **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.
- **Evento hidrometeorológico extremo:** episodio, suceso o evento meteorológico e hidrológico que es raro, o infrecuente, según su distribución estadística para un lugar determinado. Ocurrencia de un valor o una variable climática por encima (o debajo) del valor límite cerca de los extremos superior e inferior del rango de valores observados (IPCC, 2012).
- **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 reparaciones costosas y acciones de reemplazo, por medio de la aplicación de estrategias y acciones 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* y de *rehabilitación* (FHWA, 2011).
- **Mantenimiento Preventivo:** Es la estrategia planeada de tratamientos de costo efectivo a un puente existente de forma tal que se preserve, se retarden futuros deterioros, y se mantenga o mejore la condición funcional del sistema (sin una mejora sustancial de la capacidad estructural). Se aplica a elementos de puente con una significativa vida útil remanente. Mantenimiento preventivo incluye actividades *cíclicas* o *programadas* y *actividades basadas en la condición* (FHWA, 2011).
- **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

Informe LM-PIE-UP-P02-2018	Setiembre, 2018	Página 53 de 64
----------------------------	-----------------	-----------------

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN	
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P02-2018	Página 54/64

como resultado de estas actividades, pero se espera que el deterioro sea retrasado (FHWA, 2011).

- **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. Estas actividades son diseñadas para extender la vida útil de los puentes (FHWA, 2011).
- **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. Si bien es cierto la *rehabilitación* es considerada una tarea de *conservación de puentes*, mejoras funcionales tales como agregar un carril o aumentar el claro vertical, son a menudo consideradas actividades de *rehabilitación* pero no tareas de *conservación de puentes* (FHWA, 2011).
- **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. La sustitución no es considerada una actividad de *conservación de puentes* (FHWA, 2011).
- **Ruta Alternativa:** Debe considerarse una ruta alternativa la ruta que inicia en un punto de intersección de una ruta principal, pasa a través de ciertos poblados y ciudades, y luego conecta de nuevo con la ruta principal a varios kilómetros de distancia. Dado que el propósito del sistema de numeración de rutas de Estados Unidos es definir (señalizar) la mejor ruta disponible y con la menor longitud, una ruta alternativa debe ser designada como tal solo si ambas rutas son capaces de alojar la misma demanda de tránsito y cuando la ruta alternativa tiene substancialmente las mismas características geométricas y estructurales de la ruta principal (AASHTO, 2000).

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR INFORME DE EVALUACIÓN	
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P02-2018	Página 55/64

ANEXO 5

Características generales de inventario de los ocho puentes inspeccionados

	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR	
	INFORME DE EVALUACIÓN	
	CONSECUTIVO: LM-PIE-UP-P02-2018	Página 56/64

Página intencionalmente dejada en blanco

Tabla No. A2. Resumen de características básicas de los puentes

Puente	Características básicas por puente		
1) Q. Hotel	Longitud total (m)	9,45	
	Ancho total (m)	5,37	
	Número de carriles	1	
	Número de tramos	1	
	Tipo de superestructura (elementos principales)	Superestructura tipo viga simple con viga principal tipo losa de concreto reforzado	
	Fotografías:		
	<p>Figura 26: Puente sobre quebrada Hotel. Vista superior del puente</p> 		
	<p>Figura 27: Puente sobre quebrada Hotel. Vista lateral del puente</p>		

Tabla No. A2. Resumen de características básicas de los puentes (*continuación*)

Puente	Características básicas del puente		
2) Estero	Longitud total (m)	33,53	
	Ancho total (m)	5,03	
	Número de carriles	1	
	Número de tramos	1	
	Tipo de superestructura (elementos principales)	Superestructura tipo cercha de media altura (Bailey)	
	Fotografías:	 <p style="text-align: right; color: orange; font-size: small;">19 06 2018 03 56</p>	
	 <p style="text-align: right; color: orange; font-size: small;">2017 06 19 15 52</p>		
	Figura 29: Puente sobre Estero. Vista lateral del puente		

Tabla No. A2. Resumen de características básicas de los puentes (*continuación*)

Puente	Características básicas del puente	
	Longitud total (m)	12,20
	Ancho total (m)	4,12
	Número de carriles	1
	Número de tramos	1
	Tipo de superestructura (elementos principales)	Superestructura tipo viga simple con 2 vigas principales l de acero
3) Q. Sin Nombre	Fotografías:	
	 <p>Figura 30: Puente sobre quebrada Sin Nombre. Vista superior del puente</p>  <p>Figura 31: Puente sobre quebrada Sin Nombre. Vista lateral del puente</p>	

Tabla No. A2. Resumen de características básicas de los puentes (*continuación*)

Puente	Características básicas del puente		
4) R. Clocles	Longitud total (m)	20,00	
	Ancho total (m)	4,07	
	Número de carriles	1	
	Número de tramos	1	
	Tipo de superestructura (elementos principales)	Superestructura tipo viga simple con 2 vigas principales I de acero (dos perfiles en sección compuesta)	
	Fotografías:	<div style="text-align: center;">  <p style="text-align: right; color: orange;">19.06.2018 03:12</p> </div> <p style="text-align: center;">Figura 32: Puente sobre el río Coclés. Vista superior del puente</p> <div style="text-align: center;">  <p style="text-align: right; color: orange;">2017.06.19 15:18</p> </div> <p style="text-align: center;">Figura 33: Puente sobre el río Coclés. Vista lateral del puente</p>	

Tabla No. A2. Resumen de características básicas de los puentes (*continuación*)

Puente	Características básicas del puente		
5) R. Negro	Longitud total (m)	20,30	
	Ancho total (m)	4,20	
	Número de carriles	1	
	Número de tramos	1	
	Tipo de superestructura (elementos principales)	Superestructura tipo viga simple con 2 vigas principales I de acero	
	Fotografías:	 <p style="text-align: right; color: orange;">19.06.2018 02:58</p> <p style="text-align: center;">Figura 34: Puente sobre el río Negro. Vista superior del puente</p>  <p style="text-align: right; color: orange;">19.06.2018 03:00</p> <p style="text-align: center;">Figura 35: Puente sobre el río Negro. Vista lateral del puente</p>	

Tabla No. A2. Resumen de características básicas de los puentes (*continuación*)

Puente	Características básicas del puente		
6) Q. Ernesto	Longitud total (m)	20,40	
	Ancho total (m)	4,15	
	Número de carriles	1	
	Número de tramos	1	
	Tipo de superestructura (elementos principales)	Superestructura tipo viga simple con 2 vigas principales I de acero	
	Fotografías:	<div style="text-align: center;">  <p style="text-align: right; color: orange; font-size: small;">19.06.2018 02:37</p> </div> <p>Figura 36: Puente sobre la quebrada Ernesto. Vista superior del puente</p> <div style="text-align: center;">  <p style="text-align: right; color: orange; font-size: small;">19.06.2018 02:38</p> </div> <p>Figura 37: Puente sobre la quebrada Ernesto. Vista lateral del puente</p>	

Tabla No. A2. Resumen de características básicas de los puentes (*continuación*)

Puente	Características básicas del puente		
7) R. Nedrick	Longitud total (m)	20,30	
	Ancho total (m)	3,83	
	Número de carriles	1	
	Número de tramos	1	
	Tipo de superestructura (elementos principales)	Superestructura tipo viga simple con 2 vigas principales I de acero	
	Fotografías:		
			

Figura 38: Puente sobre el río Nedrick. Vista superior del puente

Figura 39: Puente sobre el río Nedrick. Vista lateral del puente

Tabla No. A2. Resumen de características básicas de los puentes (*continuación*)

Puente	Características básicas del puente	
8) R. Holly San	Longitud total (m)	8,86
	Ancho total (m)	4,07
	Número de carriles	1
	Número de tramos	1
	Tipo de superestructura (elementos principales)	Superestructura tipo marco rígido con 2 vigas principales I de acero
8) R. Holly San	Fotografías:	
	 <p data-bbox="505 1247 1377 1283">Figura 40: Puente sobre el río Holly San. Vista superior del puente</p>  <p data-bbox="516 1787 1365 1822">Figura 41: Puente sobre el río Holly San. Vista lateral del puente</p>	