



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471

Versión: 03

Página 1 de 54

Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales

Informe: EIC-Lanamme-INF-0243-2021

INFORME DE INSPECCION ESPECIAL PUENTE SOBRE EL RÍO COLORADO RUTA NACIONAL N.º 1 (PUENTE RAFAEL IGLESIAS)



Preparado por:
Unidad de Puentes
Programa de Ingeniería
Estructural



San José, Costa Rica
08 de diciembre, 2021



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471	Versión: 03	Página 2 de 54
----------------	-------------	----------------

Página intencionalmente dejada en blanco



INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471	Versión: 03	Página 3 de 54
----------------	-------------	----------------

1. Informe: EIC-Lanamme-INF-0243-2021		2. Copia n.º 1	
3. Título y subtítulo: INFORME DE INSPECCION ESPECIAL PUENTE SOBRE EL RÍO COLORADO RUTA NACIONAL N.º 1 (PUENTE RAFAEL IGLESIAS)		4. Fecha del Informe 08 de diciembre, 2021	
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 <i>Este informe de inspección especial del puente sobre el río Colorado en la Ruta Nacional n.º 1, conocido como el puente Rafael Iglesias, es un producto del programa de inspecciones de puentes existentes de la Unidad de Puentes del Programa de Ingeniería Estructural – LanammeUCR. Este programa tiene como objetivo 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 n.º 8114.</i> <i>Esta inspección e informe se desarrolló de acuerdo al alcance de acreditación n.º OI-045 disponible en www.eca.or.cr.</i> <i>No se permite la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización del director del LanammeUCR.</i> <i>La firma n.º 15 no está sujeta al Sistema de Gestión de Calidad.</i>			
8. Palabras clave 2021, Puentes red vial nacional, Informe de inspección, Ruta Nacional n.º 1, Puente Rafael Iglesias, río Colorado, cables, banda tensada, juntas de expansión, tablero de concreto, vigas principales, agrietamiento, corrosión, desprendimientos de concreto, Inspección especial.		9. Nivel de seguridad: Ninguno	10. Núm. de páginas 54
11. Inspección e informe por: Ing. Luis Guillermo Vargas Alas Inspector Nivel III - Unidad de Puentes Programa de Ingeniería Estructural	12. Inspección y revisión por: Ing. Mauricio Araya Con Inspector Nivel II - Unidad de Puentes Programa de Ingeniería Estructural	13. Inspección y revisión por: Ing. Andrés González León Inspector Nivel II – Unidad de Puentes Programa de Ingeniería Estructural	
14. Revisado y aprobado por: Ing. Rolando Castillo Barahona, Ph.D. Coordinador de la Unidad de Puentes y del Programa de Ingeniería Estructural	15. Revisión legal por: Licda. Nidia Segura Jiménez Asesora Legal LanammeUCR		



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471

Versión: 03

Página 4 de 54

Página intencionalmente dejada en blanco



INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471

Versión: 03

Página 5 de 54

RESUMEN EJECUTIVO

Este informe presenta la *inspección especial* realizada por la Unidad de Puentes del Programa de Ingeniería Estructural del LanammeUCR en el puente sobre el río Colorado en la Ruta Nacional n.º 1, conocido como el puente Rafael Iglesias. Una *inspección especial* (AASHTO, 2018) se realiza de forma no programada para, entre otras razones, monitorear deficiencias ya conocidas o que se sospecha que se han presentado en uno o varios elementos del puente. Se evalúan los siguientes elementos, donde la severidad y las posibles consecuencias de las deficiencias observadas pueden afectar la seguridad de los usuarios o inclusive la integridad estructural del puente:

- **Juntas de expansión:** Obstrucción por sobrecapas de mezcla asfáltica e ingreso de agua a través de la junta abierta. La condición del elemento se calificó como deficiente.
- **Cables principales:** Corrosión en al menos 6 cables y pérdida de grasa generalizada en 19 cables que atraviesan las juntas de expansión. La condición del elemento se calificó como alarmante.
- **Vigas “T” principales:** Agrietamiento en una dirección y desprendimientos de concreto que han reducido la longitud de asiento considerablemente en una viga. La condición del elemento se calificó como alarmante.
- **Tablero de concreto:** Agrietamiento en dos direcciones generalizado, desprendimiento de concreto puntuales, acero de refuerzo expuesto y grietas en una dirección en el sentido longitudinal que coinciden con la línea de contacto entre vigas “T” principales adyacentes. La condición del elemento se calificó como alarmante.
- **Plataforma de concreto de la banda tensada:** Grietas en una dirección, con un patrón que puede describir entre las causas posibles el aumento de esfuerzos de tensión por carga viva en el elemento y a la relajación del acero de los cables principales de postensión. La condición del elemento se calificó como deficiente.

Además, se compararon las observaciones en estos elementos con las observaciones reportadas en informes anteriores (Vargas-Alas et al., 2013; Unidad de Puentes, 2016 y

INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471

Versión: 03

Página 6 de 54

Muñoz-Barrantes et al, 2017). Se hace evidente la ausencia de mantenimiento adecuado en el puente a lo largo del tiempo, lo que podría estar reduciendo su vida de servicio.

Con el propósito de colaborar con la definición de medidas de intervención en el puente, se realizan las siguientes recomendaciones a los responsables de atender el puente en el MOPT y el CONAVI:

En el corto plazo, y como parte de un programa de conservación:

- Juntas de expansión: remoción de la mezcla asfáltica, reparación del concreto en el tablero adyacente a las juntas y colocación de una junta adecuada e impermeable.
- Cables principales que atraviesan las juntas: inspección detallada para determinar medidas de protección.
- Viga “T” externa con desprendimientos: intervención del acero de refuerzo corroído y resane del concreto desprendido para retrasar la pérdida de asiento.

En el mediano plazo y como parte de un programa de mejoramiento:

- Realizar una evaluación estructural y sísmica de todos los elementos del puente.
- Tablero de concreto y plataforma de la banda tensada: Realizar inspecciones detalladas.
- Cables principales que atraviesan las juntas: implementar medidas de protección contra la corrosión.
- Vigas “T” principales: Colocar apoyos en los bastiones bajo las vigas “T” y resanar el concreto que presente deficiencias.
- Considerar la posibilidad de realizar una prueba de carga estática para calibrar los modelos estructurales.

Se espera que estas recomendaciones sean evaluadas por los profesionales que la Administración asigne como responsables del mantenimiento y rehabilitación de la estructura, procurando la asesoría profesional en los aspectos que sea requerida.



INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471

Versión: 03

Página 7 de 54

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN EJECUTIVO	5
TABLA DE CONTENIDO.....	7
1. INTRODUCCIÓN.....	9
2. OBJETIVOS	10
3. ALCANCE DEL INFORME	10
4. DESCRIPCIÓN.....	11
5. PRINCIPALES DEFICIENCIAS OBSERVADAS DURANTE LA INSPECCIÓN ESPECIAL.	16
5.1. OBSERVACIÓN N.º 1: DEFICIENCIAS EN JUNTAS DE EXPANSIÓN	16
5.2. OBSERVACIÓN N.º 2: DEFICIENCIAS EN CABLES PRINCIPALES	19
5.3. OBSERVACIÓN N.º 3: DEFICIENCIAS EN VIGAS “T” PRINCIPALES.....	23
5.4. OBSERVACIÓN N.º 4: DEFICIENCIAS EN EL TABLERO DE CONCRETO .	27
5.5. OBSERVACIÓN N.º 5: DEFICIENCIAS EN LA PLATAFORMA DE LA BANDA TENSADA.	29
6. CONCLUSIONES.....	31
7. RECOMENDACIONES	32
7.1. EN EL CORTO PLAZO:.....	32
7.2. EN EL MEDIANO PLAZO:.....	33
8. REFERENCIAS.....	35
APÉNDICE N.º 1 FOTOGRAFÍAS DE LA CONDICIÓN DE LOS CABLES QUE ATRAVIESAN LAS JUNTAS DE EXPANSIÓN.....	39



INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471

Versión: 03

Página 8 de 54

ANEXO A GLOSARIO	49
ANEXO B CRITERIOS PARA CALIFICAR LA CONDICIÓN DE LOS ELEMENTOS EVALUADOS EN EL PUENTE.....	51

INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471

Versión: 03

Página 9 de 54

1. INTRODUCCIÓN

Este informe de *inspección especial* del puente sobre el río Colorado en la Ruta Nacional n.º 1, conocido como el puente Rafael Iglesias, es un producto del programa de inspecciones de puentes existentes de la Unidad de Puentes del Programa de Ingeniería Estructural – LanammeUCR. Este programa tiene como objetivo evaluar la condición estructural y funcional de puentes ubicados a lo largo de la Red Vial Nacional a partir de una inspección visual del puente, 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.º 8114 y su reforma mediante la Ley n.º 8603.

Se entiende por *inspección especial* (AASHTO, 2018) a una inspección no programada para monitorear una deficiencia ya conocida o que se sospecha que se ha presentado en alguno de los componentes del puente. Esta también puede ser usada para monitorear detalles especiales o características inusuales de un puente que no necesariamente tenga defectos.

Los días 08 y 11 de junio de 2021, se realizó una *inspección rutinaria* en el puente con el fin de ingresar los datos recopilados, de esta inspección, en la herramienta informática del Sistema de Administración de Estructuras de Puentes (SAEP) a solicitud del Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI). En dicha inspección, se identificaron varias deficiencias para las cuales se recomienda atención prioritaria, por lo que se realizó este informe de *inspección especial*, ya que pueden afectar la seguridad de los usuarios o inclusive la integridad estructural del puente. Además, el 10 de noviembre de 2021 se realizó una visita adicional para inspeccionar los cables principales que atraviesan las juntas de expansión.



INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471

Versión: 03

Página 10 de 54

2. OBJETIVOS

El objetivo general de este informe es presentar y evaluar las deficiencias observadas en varios elementos estructurales y no estructurales del puente sobre el río Colorado en la Ruta Nacional n.º 1, conocido como puente Rafael Iglesias.

Los objetivos específicos son:

- a) Evaluar las deficiencias observadas en los siguientes elementos: juntas de expansión, cables principales, tablero de concreto, vigas principales y la plataforma de concreto de la banda tensada.
- b) Comparar la progresión de algunas de las deficiencias evaluadas en los elementos indicados, con respecto a lo identificado en las inspecciones realizadas en julio de 2013, abril de 2016 y junio de 2017.
- c) Proporcionar recomendaciones generales en el corto y mediano plazo, para la intervención de los elementos del puente con deficiencias.

3. ALCANCE DEL INFORME

Este informe de *inspección especial* se realizó a raíz de la severidad y las posibles consecuencias que puedan originar las deficiencias, observadas durante la *inspección rutinaria*, en algunos elementos estructurales y no estructurales del puente.

En sitio, se realizó una inspección visual de todos los elementos accesibles del puente, sin embargo, el presente informe se limitó a reportar las principales deficiencias identificadas en los siguientes elementos:

- Elementos pertenecientes al componente accesorios:
 - Juntas de expansión
- Elementos pertenecientes al componte superestructura:
 - Cables principales
 - Viga principal del tramo n.º 9 (costado aguas abajo).



INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471

Versión: 03

Página 11 de 54

- Tablero de concreto.
- Plataforma de concreto de la banda tensada

Como complemento a este informe, se realizó la revisión de información relevante incluida en los planos de diseño y construcción del puente que estaban disponibles (Ministerio de Transportes, 1968, 1971a y 1971b). La validez de estos planos fue verificada por medio de mediciones aproximadas en sitio de algunos elementos de la superestructura y la subestructura, y su corroboración con la dimensión reportada en planos.

La *inspección especial* realizada por la Unidad de Puentes y este informe se desarrollaron de acuerdo con el alcance de acreditación n.º OI-045, alcance disponible en www.eca.or.cr.

4. DESCRIPCIÓN

En esta sección se recopila la siguiente información del puente inspeccionado: características básicas de la estructura y la ruta en la que se ubica (ver Tabla 4.1), ubicación geográfica (ver Figura 4.1), vista desde línea centro y vista lateral (ver Figura 4.2 y Figura 4.3, respectivamente) e identificación utilizada para elementos en vista en planta y vista en elevación (ver Figura 4.4).



INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471	Versión: 03	Página 12 de 54
----------------	-------------	-----------------

Tabla 4.1. Características básicas del puente y de la ruta en la que se ubica.

Ubicación	Provincia, Cantón, Distrito	Alajuela, Grecia, Puente de Piedra
	Coordenadas (WGS84)	10 ° 01 ' 18,30 " N de latitud / 84 ° 21 ' 30,75 " O de longitud
	Cruza sobre	Río Colorado, Ruta Nacional n.º 716
Ruta Nacional en la que se ubica el puente	Número de ruta	1
	Kilómetro de ubicación	34,380
	Tipo de ruta	Primaria
	Sección de control	20020
TPDA (MOPT, 2021)	Total	25717
	Porcentaje de vehículos pesados	18,95 %
	Camiones de 5 o más ejes	4,14 %
	Año en que se realizó el conteo	2017
Características generales del puente	Longitud (m)	205,0
	Tipo de superestructura	Estructura principal: Suspendida, tipo banda tensada de concreto presforzado (tramos centrales) Tramos de aproximación y sistema de soporte del tablero: tipo viga T de concreto presforzado
	Número de tramos	9
	Año de construcción	1972
	Número de elementos de soporte del tablero	4
	Tipo de elementos de soporte del tablero	Soportes del tablero n.º 1, n.º 2, n.º 3 y n.º 4: tipo columna múltiple (4 columnas) de concreto reforzado
	Número de elementos de la subestructura	6 (2 bastiones, 2 pilas verticales, 2 pilas inclinadas)
	Tipo de bastiones	Bastión n.º 1 y n.º 2: tipo marco de concreto reforzado
	Tipo de pilas	Pila n.º 1 y n.º 4: Vertical, tipo marco de concreto reforzado Pila n.º 2 y n.º 3: Inclinadas, tipo marco de concreto reforzado
	Tipo de cimentación	Bastión n.º 1 y n.º 2: superficial Pilas n.º 1, n.º 2, n.º 3 y n.º 4: superficial



INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471	Versión: 03	Página 13 de 54
----------------	-------------	-----------------

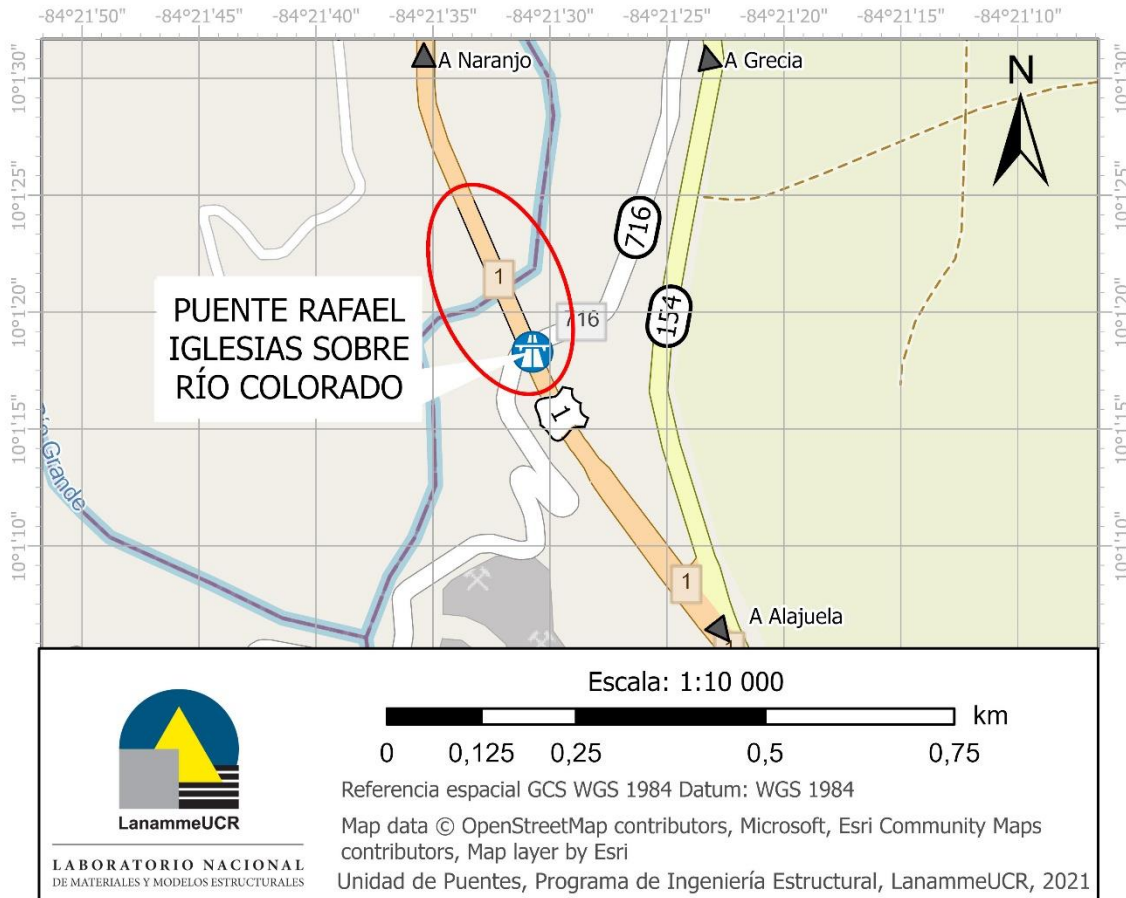


Figura 4.1. Ubicación geográfica del puente Rafael Iglesias sobre el río Colorado (Adaptado de Open Street Maps, 2021).



INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471

Versión: 03

Página 14 de 54



Figura 4.2. Vista a lo largo de la línea de centro (vista hacia San Ramón).



Figura 4.3. Vista lateral del puente (aguas arriba).



INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471	Versión: 03	Página 15 de 54
----------------	-------------	-----------------

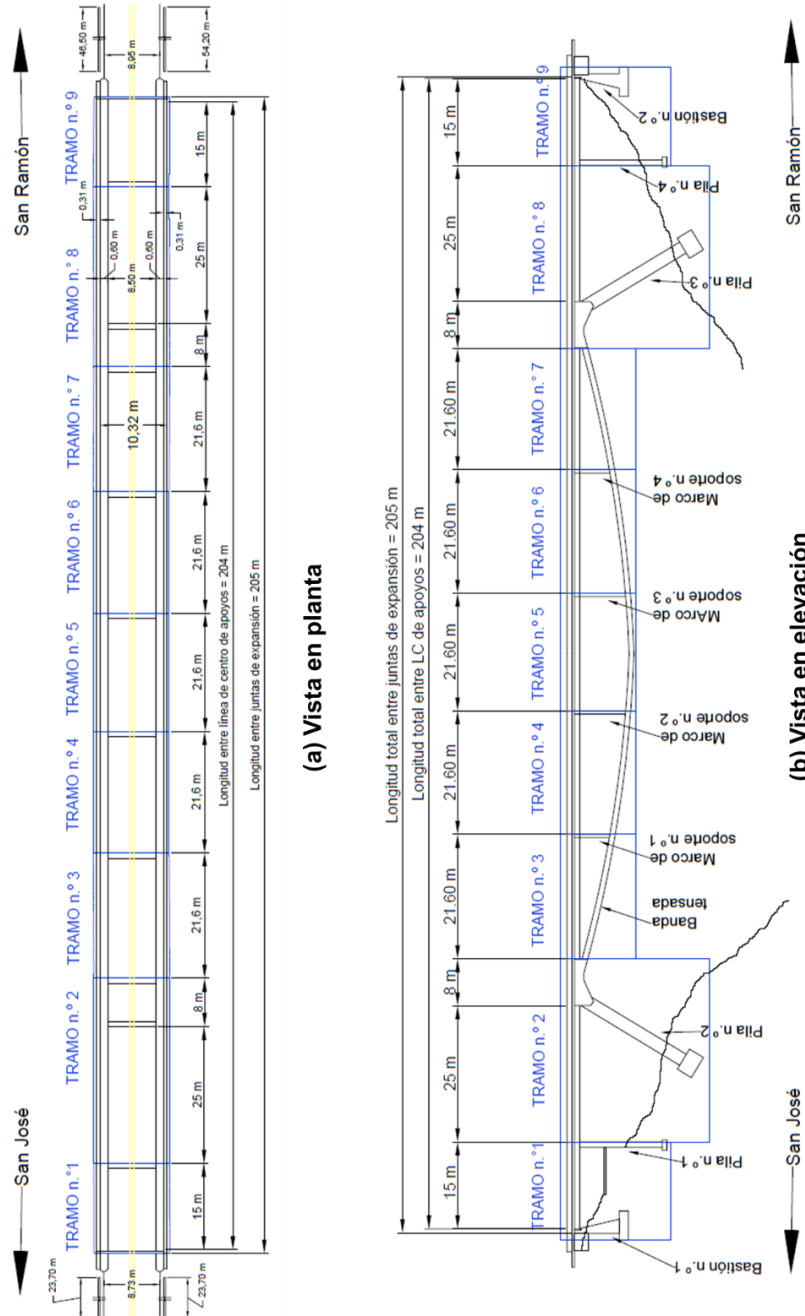


Figura 4.4. Esquema mostrando la identificación utilizada para el puente, la cual, sigue el avance del kilometraje de la carretera y está invertida con respecto a lo indicado en los planos (Fuente: Modificado de Ministerio de Transportes, 1968)



INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471

Versión: 03

Página 16 de 54

5. PRINCIPALES DEFICIENCIAS OBSERVADAS DURANTE LA INSPECCIÓN ESPECIAL.

5.1. Observación n.º 1: Deficiencias en juntas de expansión

En la inspección realizada, se observó obstrucción y filtración de agua en las dos juntas de expansión (tipo abierta), ubicadas en los extremos del puente sobre los bastiones (ver Figura 4.1).

La colocación de sobrecapas de mezcla asfáltica sobre las juntas de expansión genera una obstrucción que impide acomodar los movimientos de la superestructura generados por los cambios de temperatura y por las cargas del tránsito vehicular.

Aparentemente, la colocación de mezcla asfáltica pretende mejorar la transición entre los accesos y el puente, debido a desprendimientos de concreto y acero de refuerzo expuesto que se presentaron en el tablero contiguo a las dos juntas de expansión del puente (ver Figura 5.2) y que fueron observadas durante la inspección del 2013 (Vargas-Alas et al., 2013).

La mezcla asfáltica no es un material impermeable que vaya a impedir la filtración de agua por las juntas. Es evidente que la filtración de agua ha reducido la durabilidad de los elementos ubicados por debajo de la junta. Por ejemplo, ha propiciado la corrosión de los cables que atraviesan las juntas (ver observación n.º 2) y ha acelerado el deterioro de los extremos de las vigas "T" principales, ya que el agua puede ingresar a través de las grietas existentes, generando la corrosión y expansión del acero de refuerzo interno (ver observación n.º 3).

La medida de colocar mezcla asfáltica sobre la junta de expansión, es una práctica inadecuada de atención, que se ha venido implementando desde antes de 2006 (Rodríguez-Roblero, 2007) (ver Figura 5.3). En informes anteriores emitidos por el LanammeUCR (Vargas-Alas et al., 2013; Unidad de Puentes, 2016 y Muñoz-Barrantes et al., 2017) se ha recomendado realizar una reparación de las juntas de expansión, utilizando accesorios y procedimientos formales para la restauración de las juntas. Con esto, se busca proteger los cables principales que atraviesan la junta, permitir el movimiento del puente y mejorar la transición entre el acceso y el puente. Sin embargo, a la fecha no existe evidencia de que se hayan seguido estas recomendaciones por parte de los responsables de la atención del puente en el CONAVI.



INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471

Versión: 03

Página 17 de 54

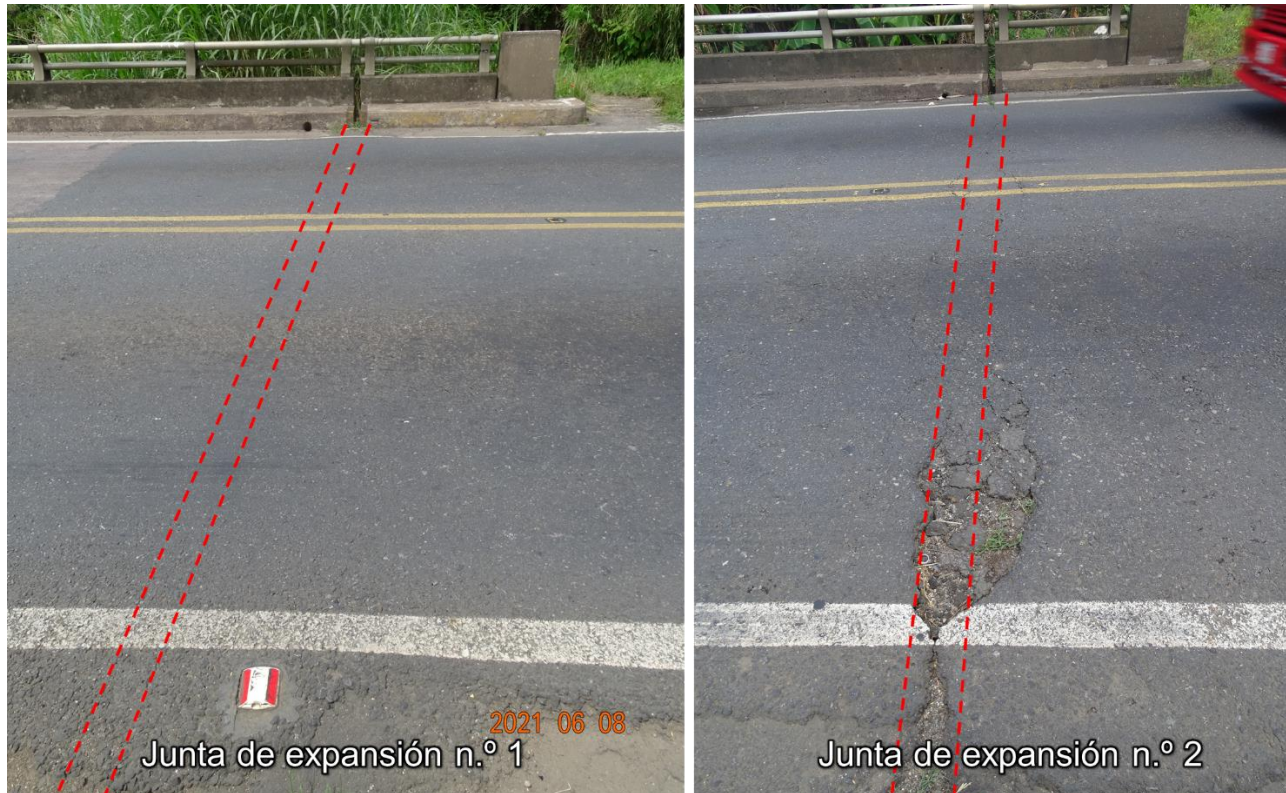


Figura 5.1. Sobrecapas de mezcla asfáltica sobre las juntas de expansión del puente Rafael Iglesias (inspección de junio de 2021).



INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471

Versión: 03

Página 18 de 54



Figura 5.2. Fotografía del año 2013 de la junta de expansión n.º 1 del puente Rafael Iglesias con sobrecapas de mezcla asfáltica, desprendimientos de concreto y acero de refuerzo expuesto en los bordes de la losa adyacente a la junta (inspección de julio de 2013).



Figura 5.3. Fotografías del año 2006 de la junta de expansión n.º 2 del puente Rafael Iglesias con sobrecapas de mezcla asfáltica (Fuente: Rodríguez-Roblero, 2007).

INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471

Versión: 03

Página 19 de 54

5.2. Observación n.º 2: Deficiencias en cables principales

Algunos de los 14 pares de cables que se muestran en la Figuras 5.4 y la Figura 5.5, presentan deficiencias en el recubrimiento de hule colocado alrededor de la discontinuidad de los ductos que se presenta en las juntas de expansión, corrosión en las partes expuestas de los cables y pérdida de la grasa que recubre los cables.

Accediendo por debajo de cada junta de expansión, entre la pared del cabezal de cada bastión y las vigas principales externas, se logró observar la condición de 12 cables de los 28 existentes: 6 cables en cada costado del puente. Se comprueba que, entre las juntas de expansión, en los tramos n.º 1, n.º 2, n.º 8 y n.º 9, los cables están desadheridos dentro de ductos y rellenos con grasa (Ministerio de Transportes, 1968) y al pasar por la junta presentan una discontinuidad en los ductos.

La condición de los cables observada fue la siguiente:

1. En 10 de los cables que atraviesan la junta de expansión n.º 1 (cables identificados como: A01, A02, A03, A04, A05, A06, B01, B02, B03 y B04 en la Figura 5.4) y en 9 de los cables que atraviesan la junta de expansión n.º 2 (cables identificados como: C01, C02, C05, C06, D01, D02, D04, D05 y D06 en la Figura 5.5) se observó acumulación de polvo y basura en la grasa que se ha salido del ducto (ver Figura 5.6 y Figura 5.8), debido a la pérdida de las gomas metálicas que sujetan el recubrimiento de hule colocado alrededor del ducto y a la ausencia o rotura de este recubrimiento. De los cables en esta condición, 4 pasan bajo el bordillo en la junta de expansión n.º 1 (cables identificados como: A01, A02, B01 y B02 en la Figura 5.4) y 4 bajo el bordillo en la junta de expansión n.º 2 (cables identificados como: C01, C02, D01 y D02 en la Figura 5.5).
2. En 10 de los cables que atraviesan la junta de expansión n.º 1 (cables identificados como: A01, A02, A03, A04, A06, B01, B02, B03, B04 y B06 en la Figura 5.4) y en 9 de los cables que atraviesan la junta de expansión n.º 2 (cables identificados como: C02, C04, C05, C06, C07, C08, D01, D02 y D07 en la Figura 5.5), el recubrimiento de hule, los ductos y la grasa acumulada, no permitieron observar el acero de los cables (ver Figura 5.6 y Figura 5.7).



INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471

Versión: 03

Página 20 de 54

3. En 1 de los cables que atraviesan la junta de expansión n.º 1 (cable identificado como: A05 en la Figura 5.4) y en 5 de los cables que atraviesan la junta de expansión n.º 2 (cables identificados como: C03, D03, D04, D05 y D06 en la Figura 5.5), donde se ha movido o perdido el recubrimiento de hule, se observó corrosión avanzada, con notable pérdida de sección del acero (ver Figura 5.7). Esta situación ha empeorado con respecto a la condición reportada en informes previos, lo cual evidencia el avance de esta deficiencia. El ambiente húmedo que se observó debajo de la mezcla asfáltica colocada sobre las juntas de expansión, ha propiciado que la corrosión siga avanzando (ver observación n.º 1).
4. En el cable B06 (ver Figura 5.4) se observó el acero expuesto cubierto de grasa, a través de una pequeña abertura la discontinuidad del ducto que atraviesa la junta de expansión n.º 1 y no se observó oxidación (ver fotografía en el Apéndice n.º 1). En el cable C01 y el cable C08 que atraviesan la junta de expansión n.º 2 (ver Figura 5.5), se observó el acero expuesto cubierto de grasa. En el cable C01 se observó con oxidación (ver Figura 5.8).
5. No se logró evaluar la condición de 16 cables que atraviesan la sección central de la junta de expansión n.º 1 (cables identificados como A07 a A14 y B07 a B14 en la Figura 5.4) y de 12 cables en la sección central de la junta de expansión n.º 2 (cables identificados como C09 a C14 y D09 a D14 en la Figura 5.5), debido a que la mezcla asfáltica colocada sobre las juntas de expansión impide su inspección.

Adicionalmente, en el Apéndice n.º 1 se muestran figuras con una comparación de la condición de los cables observados en las inspecciones de 2021 con respecto a lo observado en la inspección del 2017, a partir del registro fotográfico del puente. En dichas figuras, se muestra que la condición observada durante la inspección del 2017 se mantiene y en algunos casos ha empeorado.

INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471	Versión: 03	Página 21 de 54
----------------	-------------	-----------------

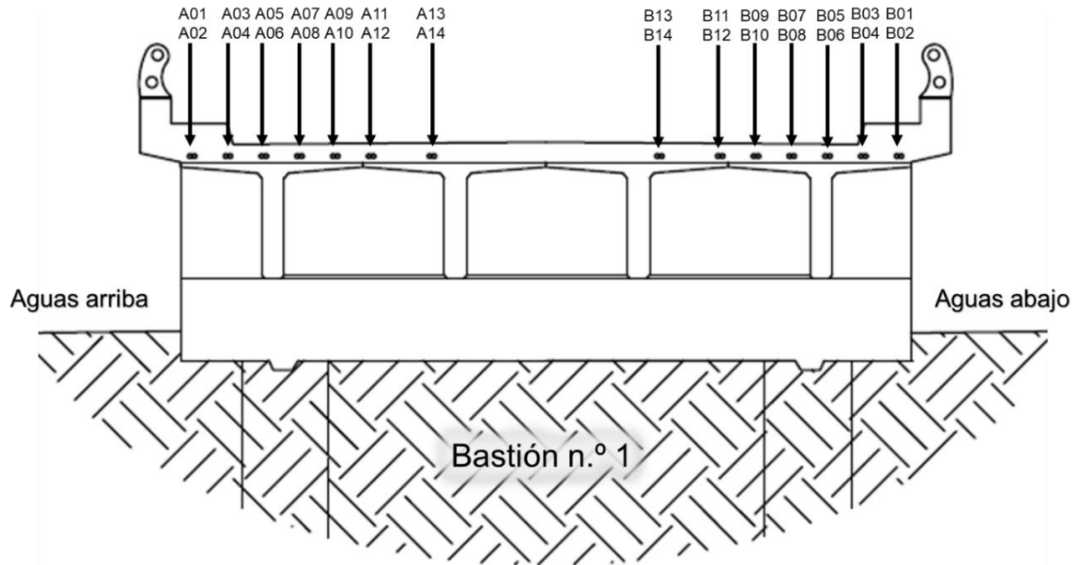


Figura 5.4. Identificación utilizada para los cables que atraviesan la junta de expansión n.º 1 (se muestra un esquema de la vista frontal del bastión n.º 1).

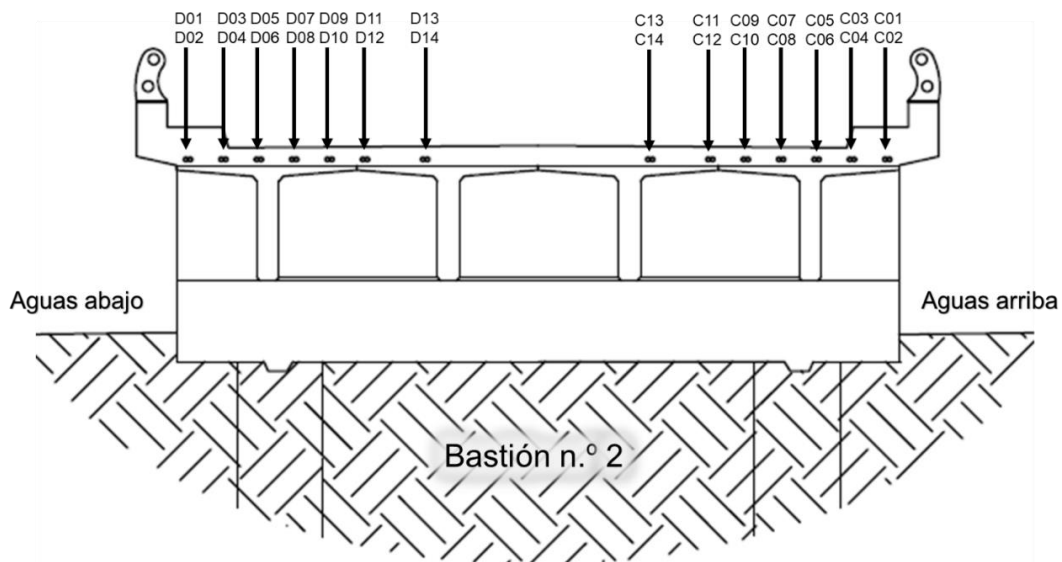


Figura 5.5. Identificación utilizada para los cables que atraviesan la junta de expansión n.º 2 (se muestra un esquema de la vista frontal del bastión n.º 2).



INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471

Versión: 03

Página 22 de 54



Figura 5.6. Cables A03 y A04, que atraviesan la junta de expansión n.º 1 y donde se observó grasa que se ha salido del ducto, con polvo y basura. No fue posible evaluar los cables debido al recubrimiento de hule.



Figura 5.7. Cables que atraviesan la junta de expansión n.º 2 y donde se observó corrosión en el cable C04. No fue posible evaluar el cable C03 debido a la cubierta de hule.



INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471

Versión: 03

Página 23 de 54



Figura 5.8. Cable C01 que atraviesa la junta de expansión n.º 2, donde se observó oxidación y grasa que se ha salido del ducto, en la cual se acumula polvo y basura.

5.3. Observación n.º 3: Deficiencias en vigas “T” principales

En la inspección realizada, se observó un desprendimiento del concreto en la sección inferior del alma de la viga “T” externa del costado aguas abajo del tramo n.º 9 (ver Figura 5.9).

El desprendimiento de concreto observado, se produce debido a las fuerzas de fricción que se generan por el contacto directo que existe entre la viga principal y el cabezal del bastión n.º 2 debido a la inexistencia de apoyos que permitan acomodar los movimientos esperados por los cambios de temperatura y las cargas de servicio. Esta interacción entre superficies provocó un agrietamiento en una dirección que fue avanzando hasta generar los desprendimientos observados. La situación observada fue propiciada y acelerada por la corrosión y subsecuente expansión del acero de refuerzo interno debido a la filtración de agua a través de las grietas.

En el alma de la viga “T” externa del tramo n.º 9 (costado aguas arriba) y en las dos vigas T externas del tramo n.º 1, se observó únicamente agrietamiento en una dirección (Figura 5.10), que corresponde con el estado previo a la ocurrencia de los desprendimientos observados en

INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471

Versión: 03

Página 24 de 54

la viga externa del costado aguas abajo, apoyada sobre el bastión n.º 2. En inspecciones anteriores, se observó una condición similar en estas vigas externas.

El desprendimiento de concreto ha generado una pérdida aproximada del 40% del área de contacto entre la viga “T” y el cabezal del bastión n.º 2, lo que conlleva a una reducción de la longitud de asiento en el bastión. La longitud de asiento de la viga “T” externa del costado aguas arriba del bastión n.º 2, en la zona donde no existen desprendimientos de concreto es de aproximadamente 0,21 m, mientras que, en la zona de desprendimientos (viga “T” externa del costado aguas abajo) es de aproximadamente 0,10 m. Esto demuestra que se ha perdido alrededor de un 48 % de la longitud de asiento. En el bastión n.º 1, la longitud de asiento es igual en ambos costados y es de aproximadamente 0,24 m. En ambos bastiones la longitud de asiento actual es menor que la requerida de 0,99 m, obtenida conforme a lo establecido en la especificación de diseño AASHTO LRFD (AASHTO, 2020).



Figura 5.9. Desprendimientos de concreto en el extremo de la viga T externa, al costado aguas abajo del tramo n.º 9 (inspección de junio de 2021).



INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471

Versión: 03

Página 25 de 54



Figura 5.10. Agrietamiento en una dirección en el extremo de la viga T externa, al costado aguas abajo del tramo n.º 1 (inspección de junio de 2021).

Al realizar una comparación de esta deficiencia con lo observado en inspecciones anteriores (Vargas-Alas et. al, 2013; Unidad de Puentes, 2016 y Muñoz-Barrantes et al, 2017), se puede notar que existe un avance en la extensión del daño. Como ejemplo, en la Figura 5.11 se muestra la condición evaluada en abril de 2016 y julio de 2013 (Unidad de Puentes, 2016 y Muñoz-Barrantes et al, 2017). De continuar el avance del daño, se podría producir un desnivel en la transición entre la pared del cabezal del bastión n.º 2 y el tablero de concreto del tramo n.º 9, en la superficie de rodamiento.

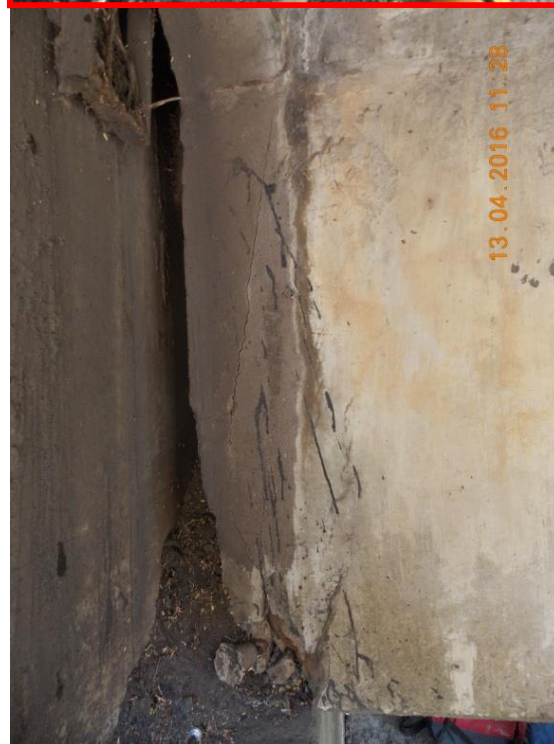
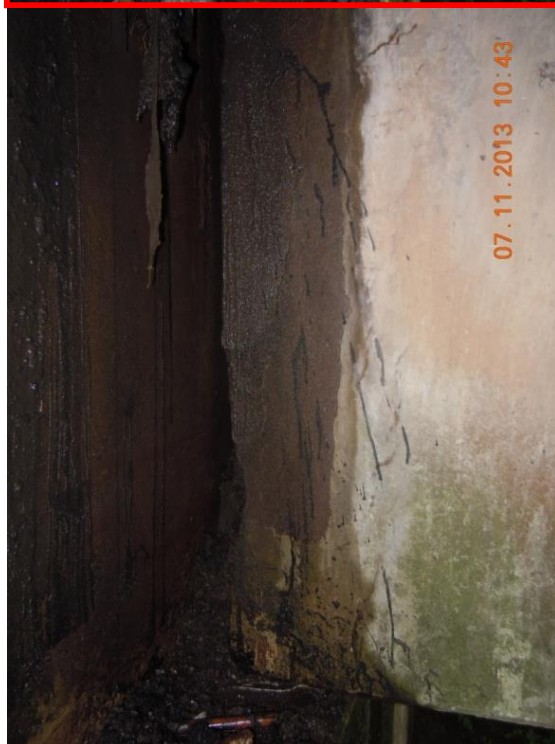


INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471

Versión: 03

Página 26 de 54



(a) Evaluación del 11 de julio de 2013

(b) Evaluación del 13 de abril de 2016

Figura 5.11. Desprendimientos de concreto en extremo de viga externa, al costado aguas abajo del tramo n.º 9 (inspección de julio de 2013 y abril de 2016) (Fuente: Vargas-Alas et al, 2013 y Unidad de Puentes, 2016).



INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471

Versión: 03

Página 27 de 54

5.4. Observación n.º 4: Deficiencias en el tablero de concreto

En todos los tramos del puente se observó que el tablero presentaba agrietamiento en dos direcciones y en algunos tramos, desprendimientos de concreto.

En lo que respecta a agrietamientos, específicamente, se observó lo siguiente:

- En aproximadamente un 60 % de la superficie superior del tablero de concreto, se midió un ancho de grieta aproximado que variaba entre 0,30 mm y 1,00 mm, y un espaciamiento entre grietas de entre 0,30 m y 0,90 m (ver Figura 5.12).
- En aproximadamente un 25 % del tablero, en todos los tramos, se observó agrietamiento en dos direcciones con un ancho de grieta aproximado mayor que 1,00 mm y con espaciamiento de entre 0,30 m y 0,90 m (ver Figura 5.12)
- En aproximadamente un 10 % del tablero, en todos los tramos, se observaron grietas en una dirección, en sentido longitudinal, que fueron tratadas previamente con un sello aparentemente bituminoso (ver Figura 5.12 y Figura 5.13). Se corroboró que este agrietamiento coincide con la línea de contacto entre vigas “T” principales adyacentes que se encargan de soportar el tablero. El ancho de las grietas longitudinales se estima mayor que 1,00 mm y estas se encuentran espaciadas aproximadamente a 2,40 m.

En aproximadamente un 10 % del tablero de concreto, de los tramos n.º 1, n.º 6 y n.º 8, se observaron desprendimientos de concreto debido al agrietamiento observado, con alguna de sus dimensiones aproximadamente mayores que 150 mm y una profundidad menor que 25 mm. En algunos de estos desprendimientos se observó el acero de refuerzo expuesto sin oxidación (ver Figura 5.13).

Al realizar una comparación de esta deficiencia con lo observado en inspecciones anteriores (Vargas-Alas et. al, 2013), se detecta un avance considerable del agrietamiento en dos direcciones.



INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471

Versión: 03

Página 28 de 54



Figura 5.12. Agrietamiento en una y dos direcciones en la cara superior del tablero del puente (inspección de junio de 2021).



Figura 5.13. Agrietamiento en una y dos direcciones y desprendimientos de concreto con acero expuesto en la cara superior del tablero del tramo n.º 6 del puente (inspección de junio de 2021).



INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471

Versión: 03

Página 29 de 54

5.5. Observación n.º 5: Deficiencias en la plataforma de la banda tensada.

En la inspección de junio de 2021 se observaron grietas en una dirección con eflorescencia en la plataforma de concreto de la banda tensada, cuyo patrón se puede observar en la Figura 5.14, Figura 5.15 y Figura 5.16. Se desconoce si el agrietamiento se produjo justo después de que el puente fue puesto en servicio, al finalizar la construcción, o si se debe a esfuerzos de tensión, generados por el tránsito de carga viva mayor a la de diseño, y por la relajación de esfuerzos en los cables principales de postensión.

Esta deficiencia se detectó por primera vez en la presente inspección, ya que esta se complementó con fotografías tomadas con ayuda de un vehículo aéreo no tripulado.



Figura 5.14. Agrietamiento en la banda tensada del tramo n.º 3.



INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471

Versión: 03

Página 30 de 54



Figura 5.15. Agrietamiento en la banda tensada del tramo n.º 7.



Figura 5.16. Agrietamiento en la banda tensada del tramo n.º 4 y n.º 5.

INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471

Versión: 03

Página 31 de 54

6. CONCLUSIONES

En este informe de *inspección especial* del puente sobre el río Colorado en la Ruta Nacional n.º 1, conocido como puente Rafael Iglesias, se presentan observaciones relacionadas con los siguientes elementos, en los cuales, la severidad y las posibles consecuencias que puedan originar las deficiencias pueden afectar la seguridad de los usuarios o inclusive la integridad estructural del puente:

- **Juntas de expansión:** La obstrucción y la filtración de agua en el 100 % de las juntas de expansión son deficiencias significativas en elementos no estructurales que afectan la durabilidad de otros elementos principales del puente. La condición del elemento se calificó como *deficiente* (obtenida conforme a la metodología incluida en el Anexo B).
- **Cables principales:** Existen secciones de cables que se encuentran expuestas en la sección cuando atraviesan las juntas de expansión, en esos puntos se observó corrosión en el 12 % de los cables, lo cual, es una deficiencia significativa en un elemento principal. La condición del elemento se calificó como *alarmante* (obtenida conforme a la metodología incluida en el Anexo B).
- **Viga “T” externa:** Los desprendimientos de concreto en el 5 % de la viga “T” externa del costado aguas arriba del tramo n.º 9, que ha reducido la longitud de asiento, y los agrietamientos en el 5 % de las demás vigas T externas, son deficiencias significativas en un elemento principal. La condición del elemento se calificó como *alarmante* (obtenida conforme a la metodología incluida en el Anexo B).
- **Tablero:** El agrietamiento en una dirección en el 10 % del tablero, el agrietamiento en dos direcciones en el 25 % del tablero y los desprendimientos de concreto en el 10 % del tablero, son deficiencias significativas en un elemento principal. La condición de elemento se calificó como *alarmante* (obtenida conforme a la metodología incluida en el Anexo B).

INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471

Versión: 03

Página 32 de 54

- **Banda tensada:** Las grietas en una dirección en el 5 % de la plataforma de concreto de la banda tensada es una deficiencia moderada en un elemento principal. La condición del elemento se calificó como *deficiente* (obtenida conforme a la metodología incluida en el Anexo B).

Al comparar las observaciones descritas en estos elementos con las observaciones reportadas en informes anteriores emitidos por el LanammeUCR (Vargas-Alas et al., 2013; Unidad de Puentes, 2016 y Muñoz-Barrantes et al, 2017) se hace evidente la ausencia de mantenimiento adecuado en el puente a lo largo del tiempo, lo que podría estar reduciendo su vida de servicio.

7. RECOMENDACIONES

Teniendo en consideración las principales observaciones que son presentadas en el informe, se recomienda a los responsables de la atención del puente en el MOPT y CONAVI, realizar las siguientes acciones, para evitar el avance de algunas de las deficiencias observadas. Las recomendaciones se dividen en acciones por realizar en el corto y mediano plazo, por cada elemento evaluado en este informe.

7.1. En el corto plazo:

1. **Juntas de expansión:** Como parte de un programa de conservación, remover las obstrucciones provocadas por las sobrecapas de mezcla asfáltica y reparar los desprendimientos de concreto de la losa adyacente de las juntas. Posteriormente, colocar una junta de expansión adecuada que impida la filtración de agua hacia los cables que cruzan las juntas y que preferiblemente sea removible para poder acceder a los cables cuando se requiera. Se recomienda consultar los apartados del *Manual de Especificaciones Generales para la Conservación de Caminos, Carreteras y Puentes MCV-2015* (MOPT, 2015) relacionados con sustitución de juntas de expansión y reparación de concreto.
2. **Cables principales:** Realizar una inspección detallada de todos los cables que atraviesan las juntas de expansión después de realizar lo indicado en la recomendación



INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471

Versión: 03

Página 33 de 54

n.º 1 del apartado 7.1 de este informe. De esta manera, como parte de un programa de conservación, se pueden establecer las acciones para su protección, lo cual, debería incluir la respectiva limpieza, la colocación de un nuevo recubrimiento de hule en las discontinuidades de los ductos y el re-engrase de los cables.

3. **Viga externa de concreto:** Como parte de un programa de conservación, se recomienda intervenir el desprendimiento de concreto observado en la viga externa del costado aguas abajo del tramo n.º 9 sobre el bastión n.º 2 para resanar el concreto, evitar el avance de la corrosión en el acero de refuerzo, minimizar o evitar el avance del agrietamiento y los desprendimientos observados, y así, retrasar la pérdida de longitud de asiento. Se debe tomar en cuenta, que esta recomendación corresponde con una medida temporal, ya que la medida recomendada, que es parte de un programa de mejoramiento, implica la colocación de apoyos (ver la recomendación n.º 2 del apartado 7.2). Se recomienda consultar los apartados del *Manual de Especificaciones Generales para la Conservación de Caminos, Carreteras y Puentes MCV-2015* (MOPT, 2015) relacionados con reparación de concreto con corrosión en el acero de refuerzo.

7.2. En el mediano plazo:

1. **Evaluación estructural y sísmica del puente:** Como parte de un programa de mejoramiento, realizar una evaluación estructural y sísmica de todos los elementos estructurales del puente, que permita definir las acciones para rehabilitar la estructura de forma efectiva. Para esto se puede seguir los procedimientos establecidos en la *LRFD Bridge Design Specification de AASHTO (2020)*, los criterios de diseño que aparecen en la publicación No FHWA-NHI-11-023 de febrero 2012 titulada: *Design Guidelines for Arch and Cable-Supported Signature Bridges* (FHWA, 2012) y los métodos de análisis recomendados en la publicación *Stress Ribbon and Cable-Supported Pedestrian Bridges* (Strasky, 2011) para la plataforma de la banda tensada.



INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471

Versión: 03

Página 34 de 54

2. **Vigas “T” principales:** Como parte de un programa de mejoramiento, incluir en el diseño de la rehabilitación, la colocación de dispositivos de apoyo en los bastiones del puente que eviten el contacto directo entre superficies de concreto de las vigas “T” principales y la viga cabezal de los bastiones. Incluir la reparación de los desprendimientos y el agrietamiento del concreto que se encuentren presentes en las vigas “T” principales, cuando se realice esta intervención.
3. **Cables principales:** Como parte del programa de mejoramiento, incluir entre las actividades de rehabilitación la implementación de medidas de protección contra la corrosión de los cables principales que atraviesan las juntas de expansión del puente.
4. **Banda tensada:** Como parte de un programa de mejoramiento, realizar una inspección detallada implementando una serie de ensayos no destructivos de la banda tensada que permitan determinar la condición de los cables principales y complementar la evaluación estructural de la recomendación n.º 1 del apartado 7.2 de este informe. Para establecer el programa de ensayos se puede consultar el capítulo 5 de *The Manual for Bridge Evaluation* (AASHTO, 2018).
5. **Tablero de concreto:** Como parte de un programa de mejoramiento, realizar una inspección detallada del tablero para definir las medidas de rehabilitación requeridas y complementar la evaluación estructural recomendada en el punto n.º 1 del apartado 7.2 de este informe. Considerar, que una posible demolición del tablero puede provocar daños en las alas de las vigas “T”. Para realizar la inspección detallada se recomienda seguir las disposiciones incluidas en la Sección n.º 5 de *The Manual for Bridge Evaluation* (AASHTO, 2018)
6. **Prueba de carga:** Como parte de un programa de mejoramiento para definir las acciones de rehabilitación, valorar si es factible realizar una prueba de carga estática en el puente con el fin de calibrar los modelos estructurales realizados y así mejorar la determinación de las acciones de rehabilitación del puente. Para esto, se pueden

INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471

Versión: 03

Página 35 de 54

seguir las disposiciones incluidas en la Sección n.º 8 de *The Manual for Bridge Evaluation* (AASHTO, 2018)

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

8. REFERENCIAS

1. AASHTO (2018). *The Manual for Bridge Evaluation. 3th Edition*. American Association of State Highway and Transportation Officials. Washington, D.C., USA.
2. AASHTO (2020). *LRFD Bridge Design Specifications. 9th Edition*. American Association of State Highway and Transportation Officials. Washington, D.C., USA.
3. CONAVI (2015). *Actualización del Inventario técnico de los puentes de la Red Vial Nacional por medio del Sistema de Administración de Estructuras de Puente (SAEP)*. Consejo Nacional de Vialidad, San José, Costa Rica.
4. FHWA (2012). *Design Guidelines for Arch and Cable-Supported Signature Bridges*. National Highway Institute Course n.º 130096. National Highway Institute, U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration. Disponible en: https://trust.dot.state.wi.us/ftp/dtsd/bts/environment/library/130096_DE_11-023_0212.pdf
5. Ministerio de Transportes (1968). *Puente sobre el río Colorado Carretera El Coco – San Ramón*. Versión revisada en 1970 [JPEG]. Diseño: T.Y. Lin Internacional e INDECA Ltda. Dirección General de Vialidad, División de Puentes, Ministerio de Transportes, Gobierno de Costa Rica.

INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471

Versión: 03

Página 36 de 54

6. Ministerio de Transportes (1971a). *Losas de anclaje Puente sobre el río Colorado Carretera El Coco – San Ramón* [JPEG]. Diseño: Ing. Eddy Hernández. Dirección General de Vialidad, División de Puentes, Ministerio de Transportes, Gobierno de Costa Rica.
7. Ministerio de Transportes (1971b). *Bloque Guía para cables Puente sobre el río Colorado Carretera El Coco – San Ramón* [JPEG]. Diseño: Productos de Concreto S.A. Dirección General de Vialidad, División de Puentes, Ministerio de Transportes, Gobierno de Costa Rica.
8. MOPT. (2015). *Manual de Especificaciones Generales para la Conservación de Caminos, Carreteras y Puentes MCV-2015*. San José: Ministerio de Obras Públicas y Transportes. Disponible en: <http://repositorio.mopt.go.cr:8080/xmlui/123456789/232>
9. Muñoz-Barrantes, J.; Vargas-Alas, L.G., Villalobos-Vega, E., Castillo-Barahona, R. (2017). *Monitoreo de la condición de 14 puentes ubicados en el tramo La Sabana - San Ramón, Ruta Nacional N° 1*. Informe LM-PIE-UP-P20-2017. Unidad de Puentes, Programa de Ingeniería Estructural, Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LanammeUCR), Universidad de Costa Rica. Disponible en: <https://www.lanamme.ucr.ac.cr/repositorio/handle/50625112500/1120>.
10. Rodríguez-Roblero, M.J. (2007). *Comparación de la demanda y la respuesta sísmica del puente sobre el río Colorado considerando dos normativas de diseño*. Informe de Trabajo de Graduación para obtener el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica.
11. Strasky, Jiri. (2011). *Stress Ribbon and Cable-Supported Pedestrian Bridges (2nd Edition)*. ICE Publishing. Disponible en: <https://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpSRCSPBE3/stress-ribbon-cable-supported/stress-ribbon-cable-supported>
12. Unidad de Puentes (2016). *Nota informe de evaluación del Puente Rafael Iglesias ubicado sobre el Río Colorado en la Ruta Nacional No. 1 LM-PI-UP-15-2016*. Remitido al MOPT



INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471

Versión: 03

Página 37 de 54

mediante el oficio LM-IC-D-0309-16. Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA), Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LanammeUCR), Universidad de Costa Rica.

13. Vargas-Alas, L.G., Castillo-Barahona, R., Loría-Salazar, L. G. (2013). Inspección del puente sobre el Río Colorado. Informe LM-PI-UP-PC09-2013. Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA), Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LanammeUCR), Universidad de Costa Rica. Disponible en: <https://www.lanamme.ucr.ac.cr/repositorio/handle/50625112500/213>



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471

Versión: 03

Página 38 de 54

Página intencionalmente dejada en blanco



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471

Versión: 03

Página 39 de 54

APÉNDICE N.º 1

Fotografías de la condición de los cables
que atraviesan las juntas de expansión



INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

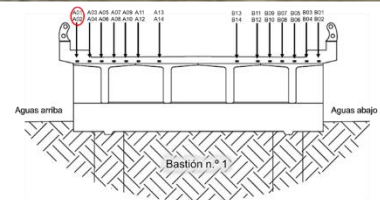
Código: RC-471	Versión: 03	Página 40 de 54
----------------	-------------	-----------------



Cables A01 y A02

Condiciones observadas:

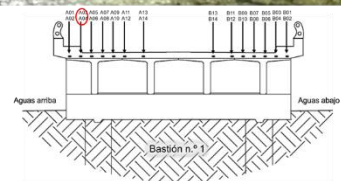
- Polvo y basura en la grasa que se ha salido del ducto.
- Recubrimiento de hule deteriorado.
- No fue posible observar el cable.



Cables A03 y A04

Condiciones observadas:

- Polvo y basura en la grasa que se ha salido del ducto
- Recubrimiento de hule deteriorado
- No fue posible observar los cables





INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

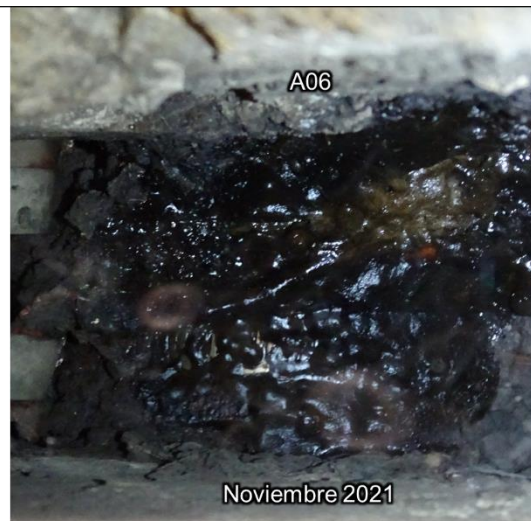
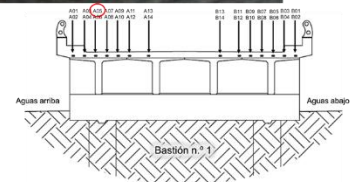
Código: RC-471	Versión: 03	Página 41 de 54
----------------	-------------	-----------------



Cable A05

Condición observada

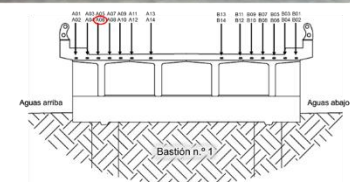
- Polvo y humedad alrededor del ducto
- Recubrimiento de hule deteriorado
- Óxido y aparente pérdida de sección en el cable



Cable A06

Condiciones observadas:

- Polvo y basura en la grasa que se ha salido del ducto.
- No fue posible observar el cable.





INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

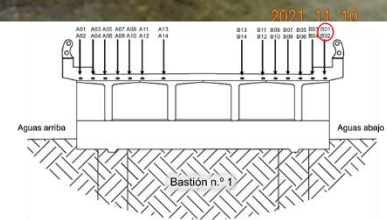
Código: RC-471	Versión: 03	Página 42 de 54
----------------	-------------	-----------------



Cables B01 y B02

Condiciones observadas:

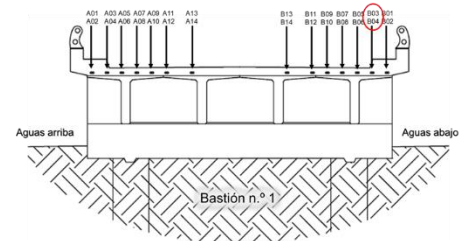
- Polvo y basura en la grasa que se ha salido del ducto
- No fue posible observar los cables



Cables B03 y B04

Condiciones observadas:

- Polvo y basura en la grasa que se ha salido del ducto.
- No fue posible observar los cables.





INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

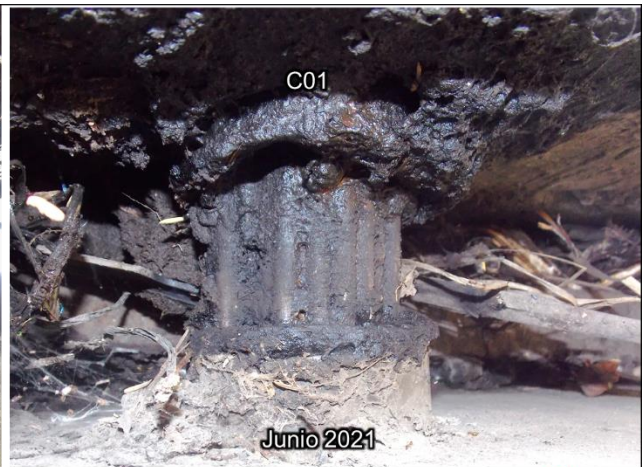
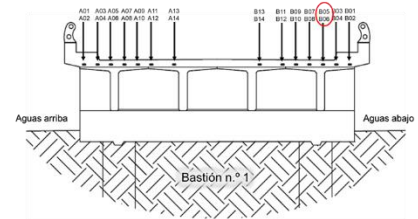
Código: RC-471	Versión: 03	Página 43 de 54
----------------	-------------	-----------------



Cables B05 y B06

Condiciones observadas:

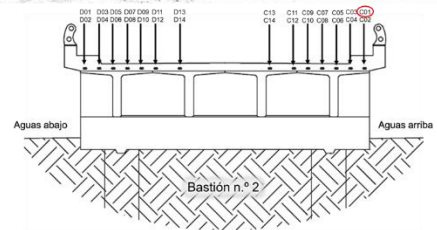
- No fue posible observar completamente los cables.
- A través de la abertura del ducto se observa parte del cable B06 engrasado. No se observa óxido.



Cables C01

Condiciones observadas:

- Oxidación en el cable D01
- Polvo y basura en la grasa que se ha salido del ducto





INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471

Versión: 03

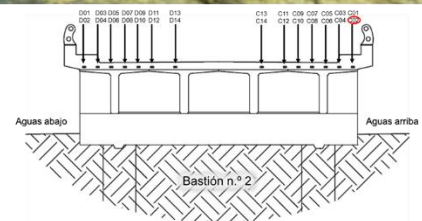
Página 44 de 54



Cables C02

Condiciones observadas:

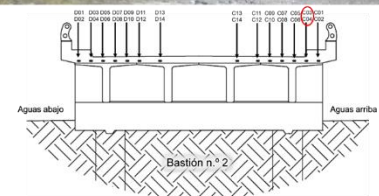
- Polvo y basura en la grasa que se ha salido del ducto
- No fue posible observar el cable



Cables C03 y C04

Condiciones observadas:

- Corrosión y pérdida de sección en el cable C03
- El recubrimiento de hule no permitió observar el cable C04





INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

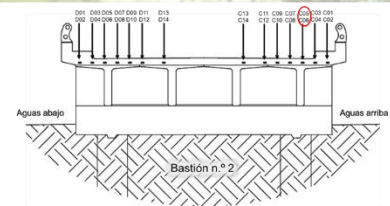
Código: RC-471	Versión: 03	Página 45 de 54
----------------	-------------	-----------------



Cables C05 y C06

Condiciones observadas:

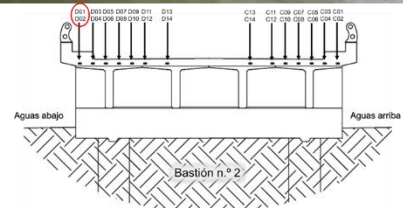
- Polvo y basura en la grasa que se ha salido de los ductos
- No fue posible observar los cables



Cables D01 y D02

Condiciones observadas:

- Polvo y basura en la grasa que se ha salido del ducto
- No fue posible observar los cables





INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

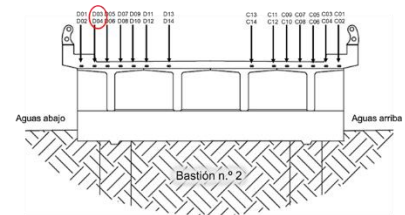
Código: RC-471	Versión: 03	Página 46 de 54
----------------	-------------	-----------------



Cables D03 y D04

Condiciones observadas:

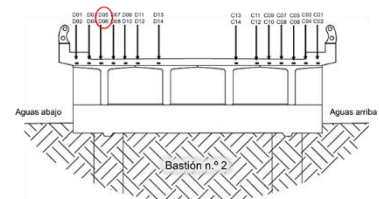
- Corrosión y pérdida de sección en los cables D03 y D04
- Polvo y basura alrededor de los ductos



Cables D05 y D06

Condiciones observadas:

- Corrosión y pérdida de sección en los cables D05 y D06



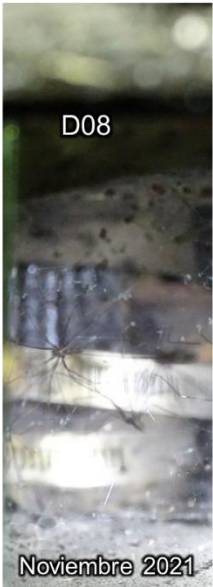

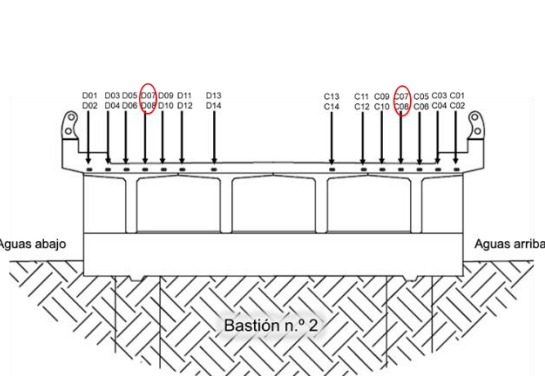




INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471

Versión: 03

Página 47 de 54

 <p>D08</p> <p>Noviembre 2021</p>	 <p>D07</p> <p>Noviembre 2021</p>	 <p>Aguas abajo</p> <p>Aguas arriba</p> <p>Bastión n.º 2</p>
<p>Cables inspeccionados por primera vez utilizando un espejo de inspección</p>		
 <p>C07</p> <p>Noviembre 2021</p>	 <p>C08</p> <p>Noviembre 2021</p>	
<p><u>Condiciones observadas:</u></p> <ul style="list-style-type: none">• Recubrimiento de hule y gazas metálicas de sujeción deterioradas en todos los cables• Cable D08 engrasado y expuesto• No fue posible observar los cables C07, C08 y D07		



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471

Versión: 03

Página 48 de 54

Página intencionalmente dejada en blanco



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471

Versión: 03

Página 49 de 54

ANEXO A

Glosario



INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471

Versión: 03

Página 50 de 54

- **Inspección de inventario:** Inspección utilizada para registrar la primera información de inventario e inspección del puente. El objetivo de esta inspección es recopilar dimensiones, fotografías e información básica del puente, así como efectuar una primera inspección visual de daños de los elementos del puente (CONAVI, 2015a).
- **Inspección rutinaria:** Tipo de inspección que se realiza cada dos años, una vez que la información de la *inspección de inventario* ha sido registrada. En el caso de puentes nuevos o con pocas deficiencias este período puede ser ampliado hasta cinco años. El objetivo de este tipo de inspección consiste en verificar la información registrada en la *inspección de inventario*, así como conocer y evaluar el grado de deterioro actual de los diferentes elementos del puente (CONAVI, 2015a).
- **Inspección de urgencia:** Inspección que se efectúa tras el acontecimiento de un desastre natural, accidente, evento extraordinario o colapso. Por la naturaleza urgente de este tipo de inspecciones, se realiza una inspección general de la estructura, con el fin de detectar algún problema estructural que pueda poner en peligro el puente o el paso por el mismo y que permita emitir un criterio sobre la condición del puente (CONAVI, 2015a).
- **Inspección especial:** Inspección no programada usada para monitorear una o varias deficiencias ya conocidas o identificar nuevas deficiencias en elementos de un puente, de las cuales, se sospecha que tendrán un impacto negativo en la condición del puente, en el corto o mediano plazo y que no sean producto directo de desastres naturales, accidentes, eventos extraordinarios o colapsos, las cuales, están cubiertas por la *inspección de urgencia*. Esta también puede ser usada para monitorear detalles especiales o características inusuales de un puente que no necesariamente tenga defectos (AASHTO, 2018).



INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471

Versión: 03

Página 51 de 54

ANEXO B

Criterios para calificar la condición de los elementos evaluados en el puente

INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471

Versión: 03

Página 52 de 54

La calificación de la condición de los elementos de un puente se realiza a partir de la severidad y extensión de las deficiencias observadas, de acuerdo con la metodología definida en el capítulo 8 y el Apéndice F del Manual de Puentes de Costa Rica 2020, Tomo I (conocido como MP-2020 Tomo I), el cual, está en proceso de aprobación y oficialización por parte del MOPT. El proceso de calificación se realiza para los elementos del puente que fueron objeto de evaluación en la *inspección especial* con el siguiente procedimiento:

1. Recopilación de información de deficiencias: Se recopila información de las deficiencias en los elementos del puente que fueron objeto de evaluación en la *inspección especial*, registrando el tipo, la severidad y la extensión de cada deficiencia observada.
2. Clasificación de los elementos de acuerdo con su función: Los elementos que fueron evaluados se clasifican en una de cuatro categorías, de acuerdo con la función que tengan en el sistema del puente y las posibles consecuencias de una deficiencia severa en el elemento. Esta clasificación define la calificación de condición máxima a la que puede llegar el elemento. Las categorías en las que se clasifican los elementos son las siguientes:

Categoría del elemento	Importancia relativa	Calificación de condición máxima
1- Elemento funcional secundario	1 (menor)	4 – Deficiente.
2- Elemento funcional primario	2	5 – Alarmante.
3- Elemento estructural secundario	3	5 – Alarmante.
4- Elemento estructural primario	4 (mayor)	6 – Falla inminente.

3. Clasificación de las deficiencias de acuerdo con el nivel de afectación a los elementos del puente: Las deficiencias que se observan en cada elemento se clasifican de acuerdo con el efecto que producen en el elemento donde se encuentren. Esta clasificación también determina la calificación de condición máxima que puede llegar a tener un elemento. Las categorías en las que se clasifican las deficiencias son las siguientes:



INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471	Versión: 03	Página 53 de 54
----------------	-------------	-----------------

Categoría de la deficiencia	Importancia relativa	Calificación de condición máxima
1- Deficiencias que afectan la durabilidad del elemento	1 (menor)	4 – Deficiente
2- Deficiencias que pueden afectar la capacidad estructural u operativa del elemento	2 (mayor)	6 – Falla inminente

4. Calificación de la condición de cada deficiencia (Cd): Se asigna una calificación de condición a cada conjunto compuesto por severidad y extensión, teniendo en cuenta las dos clasificaciones que se definieron en los puntos 2 y 3 (función del elemento y efecto de la deficiencia) y la acción de intervención más recomendable para cada grado de daño de la deficiencia que se observó en un elemento particular. La extensión se puede categorizar en rangos, para determinar la calificación de la condición. En la Tabla B-1 se describe cada calificación de la condición y la acción de intervención recomendada a la que está relacionada.
5. Calificación de la condición de los elementos (CE): Para obtener la calificación de la condición de un elemento en particular, se comparan las calificaciones de condición obtenidas para todas las deficiencias que fueron evaluadas en ese elemento, y se selecciona la calificación mayor. Esto se realiza para cada uno de los elementos del puente que fueron evaluados en la *inspección especial*.

En el informe de *inspección especial* no se busca obtener la calificación de la condición global del puente, sino, solamente de los elementos con base en las deficiencias evaluadas. Lo anterior, debido a que no se evalúan todos los elementos que componen el puente ni todas las deficiencias en cada uno de los elementos.



INFORME DE INSPECCIÓN ESPECIAL

Código: RC-471

Versión: 03

Página 54 de 54

Tabla B-1. Descripción de los niveles de calificación de la condición para elementos y programa de trabajo recomendado para su intervención

CALIFICACIÓN DE LA CONDICIÓN	DESCRIPCIÓN	PROGRAMA DE TRABAJO RECOMENDADO PARA LA INTERVENCIÓN
1 SATISFACTORIA	Elementos sin deficiencias o con deficiencias leves que afectan únicamente la durabilidad del elemento. La estabilidad estructural y la seguridad vial están aseguradas.	- Mantenimiento cíclico de aspectos preestablecidos para el puente.
2 ACEPTABLE	Elementos con deterioros ligeros. Se observan deficiencias leves en elementos funcionales o estructurales que pueden afectar su capacidad estructural u operativa, o deficiencias moderadas que afectan únicamente la durabilidad del elemento.	- Mantenimiento cíclico de aspectos preestablecidos para el puente. - Mantenimiento basado en la condición de elementos aplica si hay deficiencias en 2 o más elementos estructurales primarios o si más del 25 % de elementos del puente califican como aceptables.
3 REGULAR	Deficiencias importantes, pero los componentes del puente aún funcionan de forma adecuada. Se observan deficiencias moderadas en elementos funcionales o estructurales que pueden afectar su capacidad estructural u operativa, o deficiencias significativas que afectan únicamente la durabilidad del elemento.	- Mantenimiento basado en la condición de elementos.
4 DEFICIENTE	Deficiencias serias, pero, que no llegan a comprometer la estabilidad del puente. Se observan deficiencias moderadas en elementos estructurales primarios o deficiencias significativas en elementos estructurales secundarios o elementos funcionales que pueden afectar su capacidad estructural u operativa. O bien, se observan deficiencias severas que afectan únicamente la durabilidad del elemento.	- Mantenimiento basado en la condición de elementos. - Rehabilitación de elementos aplica si se considera que las acciones de mantenimiento no son efectivas para mejorar la condición del elemento, si hay deficiencias en 2 o más elementos estructurales primarios o si más del 25 % de elementos del puente califican como deficientes.
5 ALARMANTE	La estabilidad del puente podría estar comprometida en el corto plazo debido a deficiencias significativas en uno o varios elementos estructurales primarios del puente, o a deficiencias severas extendidas en uno o varios elementos estructurales secundarios o elementos funcionales.	- Rehabilitación de elementos. - Sustitución de elementos aplica si se considera que las acciones de rehabilitación no son efectivas para mejorar la condición de los elementos.
6 FALLA INMINENTE	Inestabilidad estructural del puente o de sus componentes. Riesgo alto de colapso de la estructura debido a deficiencias severas extendidas en uno o varios elementos estructurales primarios del puente. Daño irreversible que posiblemente requiera la sustitución del puente o al menos la sustitución de los elementos dañados.	- Sustitución de elementos. - Sustitución del puente aplica solo si hay deficiencias en 2 o más elementos estructurales primarios o si más del 25 % de elementos del puente califican con falla inminente.