



Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales

Informe: EIC-Lanamme-0575-2023
Tipo de Informe: Asesoría

INFORME ACERCA DEL PUENTE MUNICIPAL SOBRE EL RÍO BAJO CACAO EN ATENAS

Preparado por:
Unidad de Gestión Municipal
PROGRAMA DE INFRAESTRUCTURA DEL TRANSPORTE (PITRA)



Documento generado con base en el Art. 6, inciso j) de la ley 8114 según la reforma aprobada en la ley 8603. Reglamento al Art. 6 de la precitada ley, publicado mediante decreto DE-37016-MOPT.

San José, Costa Rica
Mayo 2023



Índice de Contenidos

1. Introducción.....	5
1.1 Objetivos.....	5
2. Alcance del informe.....	5
3. Antecedentes.....	6
4. Metodología.....	7
4.1 <i>Referencias nacionales e internacionales de importancia</i>	7
5. Descripción del puente.....	8
6. Resultados de la Evaluación.....	10
6.1 Observaciones.....	10
6.1.1 Bastión de margen derecha:.....	10
6.1.2 Vigas principales de acero:.....	15
7. Conclusiones.....	22
8. Recomendaciones.....	22
Referencias.....	24



Índice de Tablas

Tabla 1: Documentos aportados por la Municipalidad de Atenas al LanammeUCR	6
Tabla 2: Descripción general del puente	8
Tabla 3: Comparación entre las características de las vigas establecidas en el cartel y las mediciones en campo	15
Tabla 4: Identificación de condiciones en las vigas adquiridas	17

Índice de Figuras

Figura 1: Ubicación del puente.	9
Figura 2: Vista general del puente 2 febrero 2023	10
Figura 3: Colapso parcial del cuerpo del bastión según visita del 5 de octubre de 2022 .	12
Figura 4: Detalles de muro de refuerzo externo según lámina ES-01 DE 01	12
Figura 5: Colada del aletón aguas abajo del muro de refuerzo externo en bastión de margen derecha Rio Cacao.	13
Figura 6: Reparaciones superficiales en zona de unión entre etapa 2 y 3 del aletón aguas arriba.	13
Figura 7: Agrietamientos verticales leves en cara de aletón aguas arriba.	14
Figura 8: Contracción del cauce del Río Cacao al paso por el puente.	14
Figura 9: Identificación de las vigas adquiridas para la rehabilitación del puente sobre el Rio Cacao.	15
Figura 10: Medición de la longitud de las vigas del puente (18,56 m).	16
Figura 11: Medidas de espesores en alas y almas de vigas inspeccionadas	17
Figura 12: Esquema de ensanchamiento del puente y condición actual de vigas antiguas.	21

1. Introducción

En el presente documento se muestra la respuesta al oficio de la Municipalidad de Atenas. MAT-AUI-0191-2022 de fecha 18 de noviembre de 2022 y sus anexos, por medio del cual solicita la colaboración, sobre consultas específicas de los trabajos ejecutados en el puente sobre el río Bajo Cacao en el cantón de Atenas.

Como parte del proceso de generación de este informe se ha procedido a una revisión de la documentación aportada por parte de la Auditoría Interna de la Municipalidad de Atenas; así como de la información técnica existente a nivel nacional y las principales referencias internacionales sobre el tema. Adicionalmente se realizó una gira de inspección de campo realizada el día 2 de febrero de 2023.

Las conclusiones planteadas en este informe son producto del estudio del caso, con base en la información de referencia existente, del análisis realizado por personal de la Unidad de Gestión Municipal del LanammeUCR, como parte de la asesoría técnica solicitada por la Municipalidad de Atenas y en apego a las funciones asignadas por la Ley 8114 y sus reformas a este laboratorio en materia de evaluación de obra vial.

1.1 Objetivos

- Realizar una revisión de la información aportada por parte de la Municipalidad de Atenas específica para este puente y de las principales normativas nacionales e internacionales aplicables
- Entregar los resultados de la inspección de campo realizada el 2 de febrero de 2023 al bastión de margen derecha y a las vigas de acero propuestas a ser utilizadas en esta estructura.
- Actualizar las observaciones realizadas durante la visita del 5 de octubre de 2022 que fueron emitidas en el oficio EIC-Lanamme-1096-2022.

2. Alcance del informe

La inspección realizada en este puente se centró en el bastión de margen derecha (que se encontraba en proceso de construcción del aletón en el sector aguas abajo en el momento de la visita) y la revisión de las dimensiones de las vigas de acero propuestas para la ampliación del puente que no habían sido colocadas.

El énfasis de la inspección fue la verificación de dimensiones y características de los elementos en construcción, a utilizar como parte de las obras de rehabilitación de este puente tomando como referencia la información aportada por la Municipalidad de Atenas. Adicionalmente, se hace una revisión visual de los elementos ya construidos para identificar posibles deterioros o defectos constructivos.

El informe constituye una actualización de las observaciones reportadas en el oficio EIC-Lanamme-1096-2022 y responde al oficio MAT-AUI-0191-2022 por parte de la Auditoría

Interna de la Municipalidad de Atenas. No se hizo ninguna revisión adicional a documentación del proceso constructivo, ni a ensayos de control de calidad.

Por lo anterior, no se hacen muestreos de los materiales constituyentes del bastión para verificar propiedades mecánicas o de resistencia. Tampoco se toman muestras del acero de las vigas para verificar características de fluencia, resistencia, composición o dureza.

3. Antecedentes

Como parte de la solicitud planteada en el oficio MAT-AUI-0191-2022 la Municipalidad de Atenas aportó un conjunto de documentos complementarios que han servido para conocer el desarrollo del proyecto. En la siguiente tabla se resumen estos documentos:

Tabla 1: Documentos aportados por la Municipalidad de Atenas al LanammeUCR

Documento	Descripción
Oficio MAT-AUI-0191-2022	Solicitud de la municipalidad de colaboración en relación con el caso de una contratación de materiales para reconstrucción de un puente en Atenas
Cartel de licitación para contratación 2022CD-000179-0005500001	Cartel de licitación para compra de vigas para el puente Cacao indicando la ubicación, objeto del contrato, especificaciones técnicas, aclaraciones y modificaciones, requisitos de admisibilidad, factores de calificación y forma de pago.
Oferta presentada por Tracto Inversiones Solís Jiménez	Oferta económica y documentos solicitados en la licitación para la contratación 2022CD-000179-0005500001 (fecha 26 octubre 2022).
Memoria de cálculo	Resultados de modelación para vigas de los puentes en Calle San Isidro y Calle Las Lajas por parte del Ing. Francisco Javier Jiménez Blanco, se aporta adicionalmente la certificación del CFIA del Ing. Jiménez. Fecha de la memoria de cálculo 15 de octubre de 2022.
Informe de condición de puentes	Reporte sobre la condición de los puentes en Calle San Isidro y Calle Las Lajas preparado por el Ing. Francisco Javier Jiménez Blanco (fecha 18 de noviembre 2022).
Oficio DA-1749-2022 por parte del Ministerio de Ambiente y Energía (MINA E) – Dirección de Agua	Notificación sobre ejecución de obras de reparación de puente (fecha 17 de octubre de 2022)
Planos constructivos	Dos láminas identificadas como “Reparación bastiones puente río Cacao Calle San Isidro, Atenas, Alajuela” en las cuales se incluyen detalles constructivos para la reparación de los bastiones y ensanchamiento del puente (fechadas noviembre 2022), firmadas por el Ing. Francisco Javier Jiménez Blanco.



4. Metodología

El procedimiento utilizado para la generación del presente informe sigue las siguientes etapas:

- **Recepción de solicitud:** Por medio de correo electrónico se recibe el oficio MAT-AUI-0191-2022 de la municipalidad solicitando colaboración y se analiza la pertinencia de acuerdo con lo establecido en la ley 8114. Una vez aprobada la solicitud se asignan recursos para atenderla.
- **Revisión de la información suministrada:** Análisis de los documentos aportados por la Municipalidad de Atenas (tabla 1) para conocer los parámetros a ser verificados en campo.
- **Visita a campo:** Inspección de los elementos en proceso de construcción (bastiones) verificando las dimensiones y distribución de acero (donde fue visible) tomando como referencia los planos constructivos. Medición de dimensiones de las vigas de acero con cinta métrica y vernier digital para espesores. Identificación de posibles deterioros en los materiales y condiciones inadecuadas de acuerdo con las buenas prácticas constructivas. Documentación de las condiciones de mayor importancia por medio de fotografías digitales, aéreas y anotaciones.
- **Redacción de Informe:** Procesamiento de la información producto de la inspección, revisión de normativa aplicable y elaboración del informe.
- **Revisión de informe:** Proceso de revisión a nivel técnico y legal del contenido del informe previo a su envío.
- **Envío de informe:** Proceso de notificación y entrega en formato digital hacia la municipalidad del informe conteniendo la respuesta a la solicitud planteada inicialmente.

4.1 Referencias nacionales e internacionales de importancia

En esta sección se presentan las referencias de mayor importancia relacionadas con el diseño de puentes en el país y otras especificaciones.

Los lineamientos para el diseño sismorresistente de puentes establecen que para el diseño y la rehabilitación sismoresistente de puentes en Costa Rica se deben satisfacer los requisitos incluidos en las siguientes especificaciones:

- AASHTO LRFD Bridge Design Specifications, Sixth Edition. American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), 2012.
- AASHTO Guide Specifications for LRFD Seismic Bridge Design, 2nd Edition. American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), 2011.

En la normativa para diseño de puentes AASHTO LRFD se establece que la carga viva vehicular a utilizar para diseño de puentes es la denominada HL-93.

5. Descripción del puente

El puente visitado se ubica entre las comunidades de Bajo Cacao y San Isidro de Atenas en las coordenadas 9.99151, 84.41328 sobre el Río Cacao (ver figuras 1 y 2) en la ruta cantonal 2-05-006. Esta visita de inspección se enfocó en la revisión de la condición del bastión de margen derecha que fue severamente afectado por las lluvias acontecidas el 15 de setiembre de 2022 y que provocaron socavación con pérdida de una gran parte de este. Cabe mencionar que este puente ya había sido inspeccionado durante el año 2015 y los resultados de esa inspección se presentaron a la Municipalidad de Atenas mediante el informe LM-PI-GM-INF-08-2015. Al momento de la visita (febrero 2023) se realizaban obras de rehabilitación de este bastión, específicamente el colado del aletón aguas abajo.

En la siguiente tabla se resumen algunas características del puente:

Tabla 2: Descripción general del puente

Elemento	Descripción
Vigas	El puente cuenta con cuatro vigas de concreto que internamente poseen cerchas metálicas formadas a partir de elementos tipo pletina en una configuración de arco de paso superior.
Losa	La losa del puente posee un espesor de 0,2 m sobre la cual se identifican sobrecapas de asfalto.
Barandas	Las barandas del puente están fabricadas a partir de concreto reforzado con una altura de 0,75 m y un espesor de 0,21 m.
Bastiones	Los bastiones del puente están conformados por concreto tipo ciclópeo en una configuración tipo muro, con una altura de 6,2 m y un espesor de 1 m (bastión de margen izquierda). Las vigas del puente están ancladas a los bastiones de forma rígida.
Dimensiones principales	Longitud total: 12,2 m Ancho total: 4,03 m Altura libre al cauce: 5 m

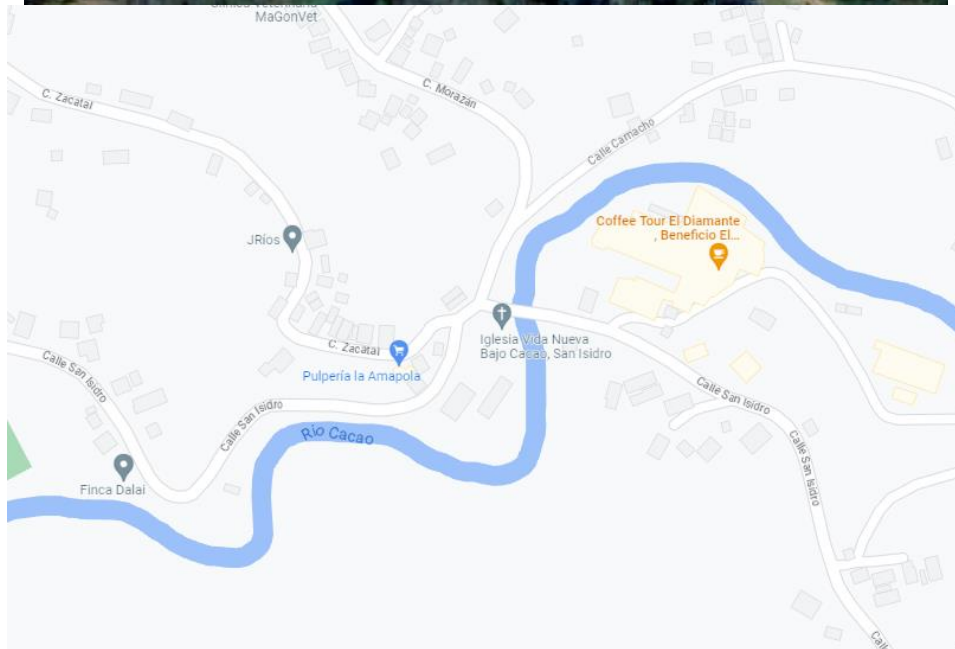


Figura 1: Ubicación del puente.
Fuente: Google Earth y Google Maps.



Figura 2: Vista general del puente 2 febrero 2023
Fuente: LanammeUCR

6. Resultados de la Evaluación

6.1 Observaciones

Producto de la inspección de los componentes del puente se ha logrado identificar las condiciones de los principales componentes del puente, específicamente:

6.1.1 Bastión de margen derecha:

Por efecto de las crecientes el río durante el 15 de setiembre de 2022 el bastión de margen derecha del puente, en el sentido San Isidro hacia abajo Cacao, presentó una falla por socavación de la mayoría del cuerpo principal con desprendimiento del concreto que componía el muro de soporte del relleno de aproximación y parte del aletón aguas arriba (ver figura 3). Como consecuencia de esta falla en el bastión el puente tuvo que ser cerrado al tránsito vehicular ante las condiciones de riesgo del apoyo en las que quedó la superestructura y el relleno de aproximación. Durante una visita de inspección realizada el 5 de octubre de 2022 (oficio EIC-Lanamme-1096-2022) se constató la necesidad de ejecutar obras de rehabilitación mayores en este bastión para evitar un colapso completo del puente.



De conformidad con la información remitida en su oficio, se observa que la Municipalidad de Atenas ejecutó obras de construcción de un muro de refuerzo externo en concreto reforzado (espesor 0,6 m), placa de cimentación y reposición del relleno posterior perdido según el diseño contenido en la lámina ES-01 DE 01 (ver figura 4).

Al momento de la visita de inspección se identifica que las labores de construcción del muro de refuerzo han avanzado considerablemente lo que ha permitido abrir nuevamente el paso de vehículos sobre el puente. Específicamente, las obras de construcción de la cimentación, aletón aguas arriba y cuerpo principal habían finalizado y se presencié el inicio de la colada de concreto del aletón aguas abajo según se muestra en la figura 5.

Se realizó la medición de las dimensiones del muro (espesor de pared y cimentación) y una verificación del acero de refuerzo (diámetro y separaciones en el aletón aguas abajo) encontrándose coincidencia entre los detalles del plano constructivo y lo construido en campo. Al realizar una revisión visual de las condiciones del muro ya construido se identificaron zonas con repellos superficiales de reparación entre la segunda y tercera etapa del aletón aguas arriba (ver figura 6) y se apreció una leve inclinación en la cara exterior de la tercera etapa del aletón. Adicionalmente, se identificaron agrietamientos verticales leves en la cara del aletón de aguas arriba (ver figura 7) que podrían ser producto de un proceso de contracción en el concreto y no representarían un riesgo para el muro dado el espesor de la pared.

Cabe mencionar que al momento de la visita se identificó que la altura de caída del concreto desde la mezcladora al fondo de la zona que se estaba colando excedía los 6 metros (ver figura 5), lo cual favorece la segregación del concreto y la formación de nidos de piedra. No se observó la ejecución de pruebas de calidad, en campo al concreto que se estaba colocando en el intervalo de tiempo que se ejecutó la inspección.

Un aspecto que se considera oportuno mencionar es que la construcción de este muro de refuerzo externo va a reducir el ancho entre las caras de los bastiones y consecuentemente el ancho disponible para el paso de aguas del Rio Cacao, durante las crecientes venideras, Tal como se observa en la figura 8, la presencia del puente genera una contracción en el cauce del río pasando de un ancho de aproximadamente 15,5 m a 10,6 m de forma súbita lo que significa una reducción en la capacidad hidráulica del puente. Esta condición puede generar un riesgo potencial asociado a efectos de socavación local en los bastiones e impacto del río sobre los aletones aguas arriba. En caso de que la Municipalidad de Atenas decida realizar obras de construcción de un muro de refuerzo similar en el bastión de margen izquierda esta contracción se incrementaría, por lo que se recomienda ejecutar obras de protección a las cimentaciones del puente y a las márgenes del sector aguas arriba.



Figura 3: Colapso parcial del cuerpo del bastión según visita del 5 de octubre de 2022
Fuente: LanammeUCR

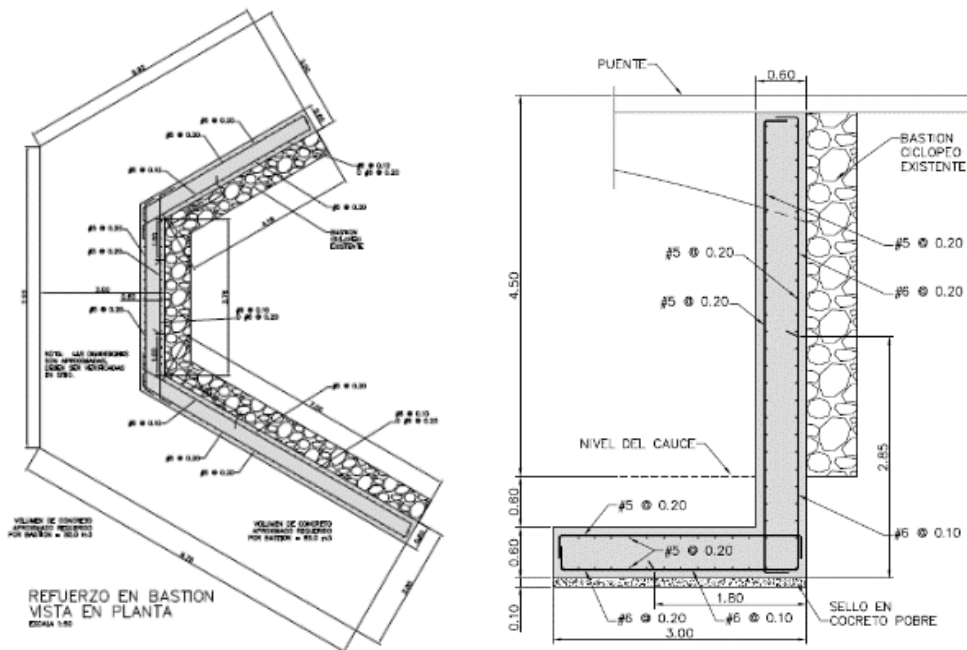


Figura 4: Detalles de muro de refuerzo externo según lámina ES-01 DE 01
Fuente: Municipalidad de Atenas



Figura 5: Colada del aletón aguas abajo del muro de refuerzo externo en bastión de margen derecha Rio Cacao.
Fuente: LanammeUCR



Figura 6: Reparaciones superficiales en zona de unión entre etapa 2 y 3 del aletón aguas arriba.
Fuente: LanammeUCR

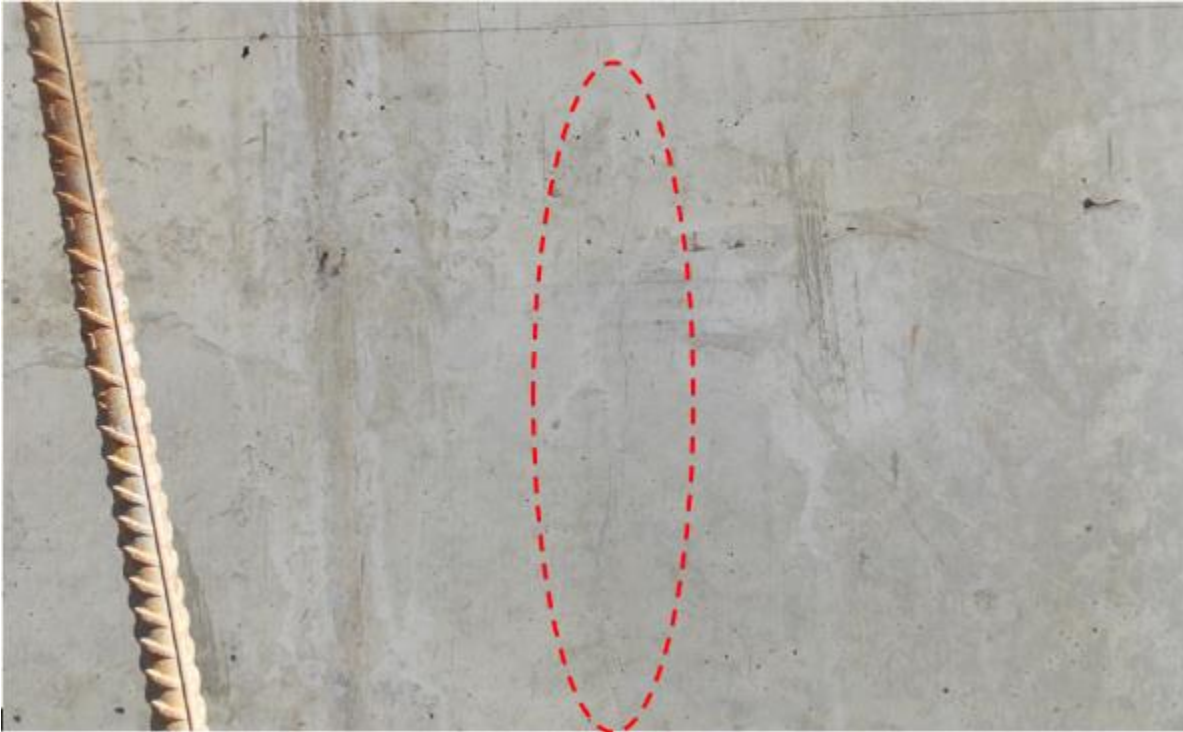


Figura 7: Agrietamientos verticales leves en cara de aletón aguas arriba.
Fuente: LanammeUCR



Figura 8: Contracción del cauce del Río Cacao al paso por el puente.
Fuente: LanammeUCR

6.1.2 Vigas principales de acero:

En el oficio de solicitud se requería realizar una verificación de las vigas que fueron adquiridas por parte de la Municipalidad de Atenas, para la rehabilitación de este puente, por lo que se procedió a realizar una comparación entre las características de estas y los parámetros establecidos en el cartel de licitación suministrado por la Auditoría Interna de la Municipalidad, que corresponde a la contratación 2022CD-000179-0005500001. Con fines de identificar cada una de las cuatro vigas se muestra en la figura 9 la designación que se utilizó para este proceso de comparación.



Figura 9: Identificación de las vigas adquiridas para la rehabilitación del puente sobre el Rio Cacao.

Fuente: LanammeUCR

En la siguiente tabla se muestran las principales dimensiones medidas en las vigas y las características señaladas en el apartado 3 del cartel de licitación:

Tabla 3: Comparación entre las características de las vigas establecidas en el cartel y las mediciones en campo

	Especificación según cartel	Viga #1	Viga #2	Viga #3	Viga #4
Largo	22 m	18,56 m	18,56 m	18,56 m	18,56 m
Altura	0,68 m	0,685 m	0,685 m	0,685 m	0,685 m
Ancho de alas	0,25 m	0,255 m	0,255 m	0,255 m	0,255 m
Espesor ala superior	19 mm	15,77 mm	19,69 mm	19,38 mm	16,23 mm
Espesor ala inferior	19 mm	16,07 mm	19,67 mm	20,00 mm	16,73 mm
Espesor de alma	16 mm	12,59 mm	12,51 mm	12,53 mm	12,59 mm

Como puede concluirse de la tabla anterior existen diferencias significativas en algunas dimensiones establecidas entre el cartel de licitación y las medidas reales de las vigas (indicadas en rojo). En el caso del largo de las vigas existe una importante diferencia entre



la longitud solicitada (22 m) y la real (18,56 m) que se puede ver en la figura 10. Las dimensiones correspondientes a la altura y ancho de las alas corresponden a lo solicitado.

En el caso de los espesores de los elementos (alas y alma) se encontró que las vigas identificadas como #1 y #4 poseen espesores inferiores a los solicitados tanto en las alas superiores como inferiores. En cuanto al espesor del alma se identificó que ninguna de las cuatro vigas, posee el espesor de alma solicitado en el cartel de 16 mm, dado que las mediciones oscilan entre 12,51 mm y 12,59 mm (ver figura 11).



Figura 10: Medición de la longitud de las vigas del puente (18,56 m).
Fuente: LanammeUCR

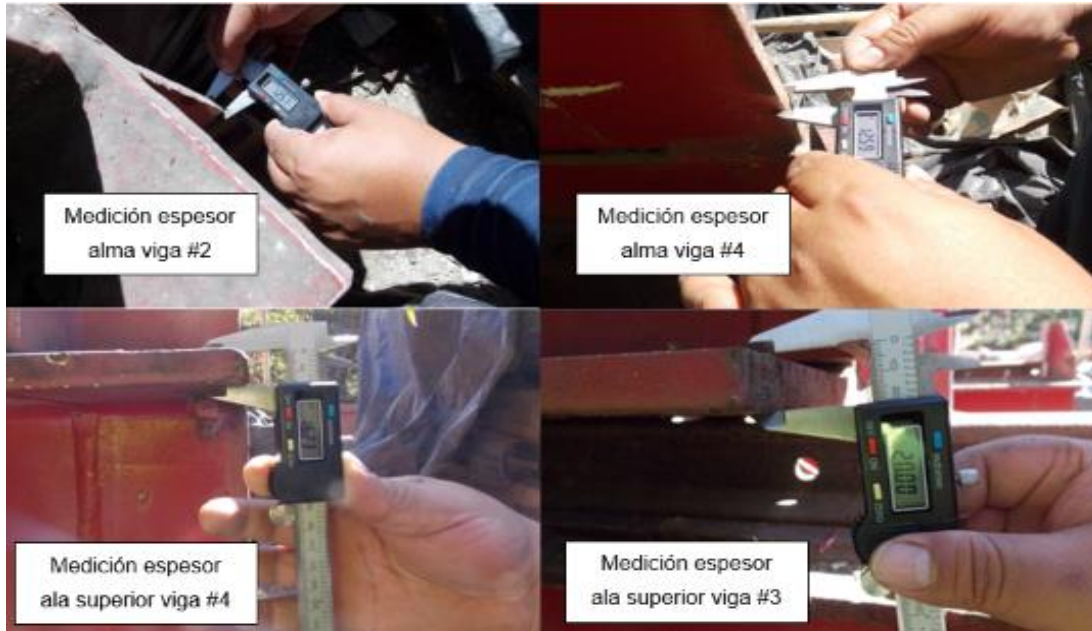


Figura 11: Medidas de espesores en alas y almas de vigas inspeccionadas
Fuente: LanammeUCR

Una vez realizado el proceso de medición de las vigas se procedió a realizar la inspección visual, identificando las siguientes condiciones:

Tabla 4: Identificación de condiciones en las vigas adquiridas

Condición identificada	Comentario
<p>Se identificaron perforaciones en los extremos de las vigas con señales de existencia previa de tornillería y arandelas. Se observan oxidación e indicios de corrosión en estos puntos.</p> 	<p>La presencia de perforaciones en los elementos de conexión puede ser un indicativo de que estas vigas formaban parte de otro tipo de estructura.</p> <p>Esta condición no es típica en elementos nuevos; es común observarla en elementos reutilizados y que ya han sido sometidas a procesos de carga previos.</p>



Condición identificada	Comentario
<p data-bbox="235 300 914 401">Existen zonas con descascaramiento de pintura, presencia de oxidación e inicios de corrosión (etapa inicial) en las vigas.</p> 	<p data-bbox="982 300 1380 531">La presencia de oxidación y corrosión en zonas puntuales es otra característica atípica en elementos de acero nuevos por lo que no se tiene certeza que correspondan a elementos de reciente fabricación.</p> <p data-bbox="982 569 1380 800">Al margen de lo anterior, se recomienda realizar un proceso de limpieza, remoción de oxidación y aplicación de un nuevo sistema de protección anticorrosivo de previo a la utilización de las vigas.</p>
<p data-bbox="235 945 933 1045">Se identifica la existencia de estructuras metálicas (cerchas) conectadas a los costados de las vigas, así como la presencia de rieles en las alas superiores.</p> 	<p data-bbox="982 945 1380 1549">Las estructuras conectadas a las vigas están fabricadas a partir de angulares de 50 mm con espesor de 7,08mm formando un patrón reticular. La presencia de este tipo de armadura no es propia para funcionar como un sistema de arriostramiento para una viga de puente, sino que posiblemente pertenezca a otro tipo de estructura. En el caso del riel situado en la parte superior, este tipo de elemento es típico para el uso de un mecanismo móvil (estilo grúa) que no es común en una estructura tipo puente.</p>



Condición identificada	Comentario
<p>Las vigas muestran condiciones de desgaste superficial y zonas con pérdida de la pintura de protección.</p> 	<p>Estas condiciones identificadas son propias de elementos que han experimentado efectos de desgaste propios del uso o del intemperismo, por lo que generan dudas de si corresponden efectivamente a elementos de reciente fabricación</p> <p>Tomando en cuenta la posibilidad de que las vigas fueran utilizadas previamente, se recomienda realizar una verificación del alineamiento longitudinal de cada una de las vigas con equipo topográfico que permita constatar que no presentan deflexiones excesivas.</p>
<p>La longitud real de las vigas es superior a la longitud de la superestructura.</p> 	<p>La longitud de la superestructura del puente es de 12,2 m, al comparar este valor con la longitud real de las vigas (18,56 m) es evidente que son mucho más largas que la longitud requerida para la sustitución de las vigas actuales o incluso para la ampliación descrita en los planos (no se requerían vigas tan largas).</p> <p>Esto implica que estas vigas adquiridas tendrían que ser cortadas en sus extremos, proceso que debería ser llevado a cabo con equipo especializado para asegurar que no se dañe la integridad estructural de las vigas (no es conveniente que el corte se haga con equipo de acetileno, por ejemplo).</p>



A partir de la documentación aportada por la Auditoría Interna de la Municipalidad de Atenas para la atención de la solicitud, se procede a consultar en la memoria de cálculo de las vigas del puente de Calle San Isidro y Calle Lajas algunos aspectos relevantes atinentes a los objetivos de este informe.

En el caso del puente en Calle San Isidro se trata de las vigas objeto de esta inspección y se tienen las siguientes observaciones sobre la memoria de cálculo:

- Se asumen dimensiones de 1,6 cm para el espesor de las alas y de 1,16 cm para el espesor del alma, como se mostró en la tabla 3 anterior, las dimensiones reales de las vigas son distintas a estos valores. Esto implica que las cargas permanentes utilizadas serían diferentes entre el modelo utilizado para el cálculo estructural y las vigas reales colocadas, adicionalmente, se estaría asumiendo que todas las vigas poseen las mismas dimensiones y como se demostró durante la medición realizada en sitio, se tiene que las vigas #1 y #4 son similares entre sí, pero distintas a la #2 y #3.
- En la memoria de cálculo, se asume que el acero de las vigas corresponde a uno de tipo A36 ($f_y=2535 \text{ kg/cm}^2$) y se indica en la página 1 del documento (memoria de cálculo) que el dato real se desconoce. El esfuerzo de fluencia relaciona la capacidad de deformación con el nivel de esfuerzo presente en un elemento metálico, en el caso de una viga de acero este valor **es fundamental** para obtener las deformaciones que podría experimentar durante el paso de un vehículo y por ende no es un dato que pueda asumirse sin realizar ensayos al acero de las vigas o contar con una certificación sobre el tipo de acero que se utilizará.
- Las cargas que se indican para el cálculo de esfuerzos en la viga son: una carga permanente de una losa de concreto de 0,2 m de espesor, una carga temporal uniforme de 1200 kg/m² y una carga temporal consistente en dos cargas puntuales de 20 toneladas separadas 3,9 m entre sí declarándose que esto corresponde a una carga tipo **AASHTO H-25**. Es importante mencionar que los “*Lineamientos para el Diseño Sismorresistente de Puentes de Costa Rica*” establecen en el apartado 4.3.1 que “*Se deben considerar las cargas permanentes y las cargas temporales que se incluyen en los artículos 3.5 al 3.9 y 3.11 al 3.15 de la especificación AASHTO LRFD y que son relevantes al diseño sísmico*” (CFIA, 2013), dicha especificación establece que la carga viva de diseño vehicular a utilizar **corresponde a la HL-93** la cual consiste en un camión de diseño o un tándem de diseño y una carga uniformemente distribuida según se detalla en las sección 3.6.1.2 de la Guía AASHTO LRFD para Diseño de Puentes (AASHTO, 2020). Se considera que no hay evidencia sobre el uso de las cargas temporales vigentes según la normativa nacional, por lo que se recomienda debería realizarse una revisión de este diseño.
- En la memoria de cálculo página 3, se recomienda la colocación de una pletina de 200x19mm en toda la longitud del ala inferior a partir de los valores obtenidos del nivel de esfuerzos de la modelación en el software de cálculo estructural SAP remitida. Esta recomendación no es consistente con el hecho de que las dimensiones usadas en la modelación son diferentes a la realidad de las vigas colocadas en sitio, que se está suponiendo un esfuerzo de fluencia no verificado y

que se ha utilizado una carga de diseño no correspondiente a lo establecido por la normativa vigente.

Según se desprende de los planos constructivos aportados por la Auditoría Interna de la Municipalidad de Atenas, las vigas inspeccionadas serían utilizadas para realizar una ampliación del puente actual en ambos costados (ver figura 12). Es importante retomar una observación realizada en el informe LM-PI-GM-INF-08-2015 (constatadas en la visita de inspección en febrero del presente año) en el cual se mostraban los daños existentes en las vigas originales del puente, que ya presentaban en ese entonces corrosión y desprendimientos de concreto. Se considera que una buena práctica ingenieril para el caso de una ampliación de este tipo, debe incluir medidas de reforzamiento/rehabilitación de estas vigas antiguas para asegurar que no se presentaran daños en la superestructura al habitarla a dos carriles (esto implica la posibilidad de paso de dos vehículos pesados a la vez).

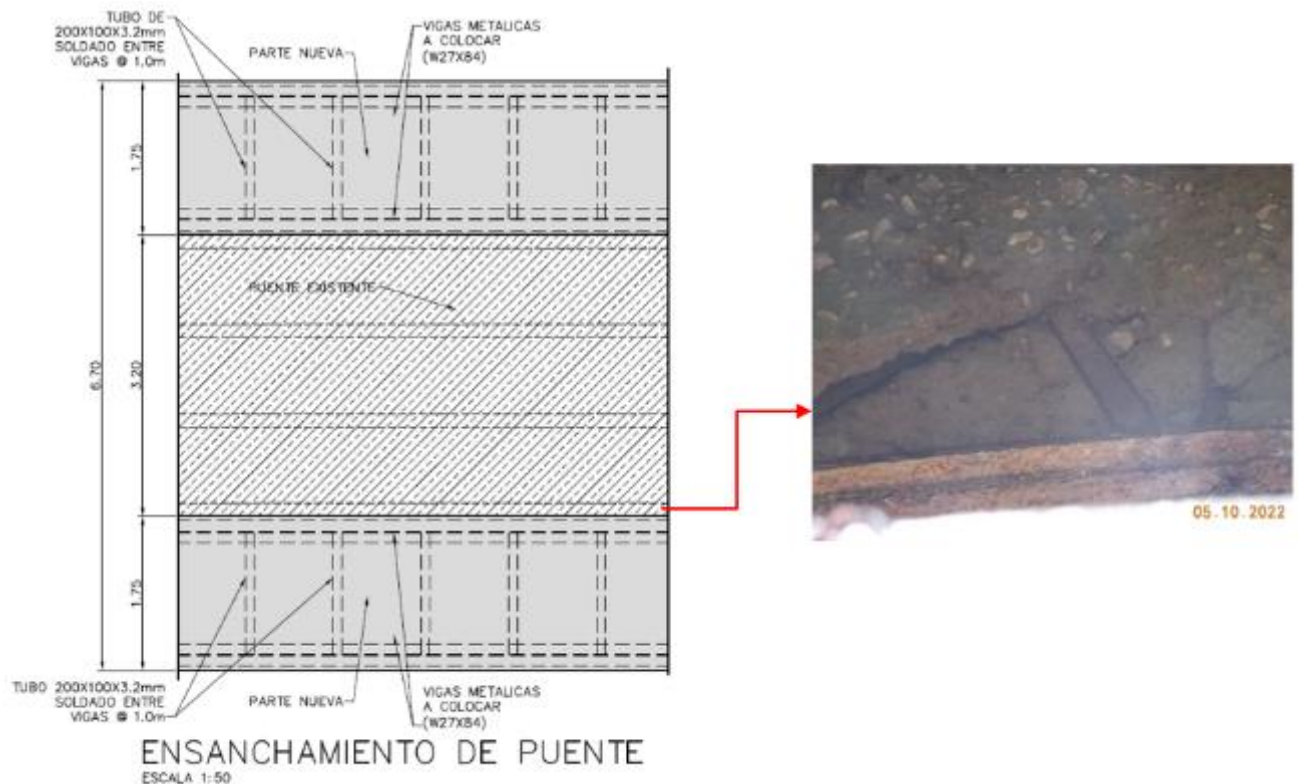


Figura 12: Esquema de ensanchamiento del puente y condición actual de vigas antiguas.
Fuente: Lámina ES-01 DE 01 y LanammeUCR



7. Conclusiones

- Se realizó la inspección visual en el puente en Calle San Isidro sobre el Río Cacao, y se compararon con las indicadas en los planos constructivos aportados por la Municipalidad de Atenas.
- La altura de caída del concreto para la colada del aletón aguas abajo del bastión excedía los 6 m, lo cual favorece la ocurrencia de segregación en el mismo. No se observó la ejecución de ensayos de verificación de calidad del concreto al momento de la visita (se desconoce si se realizaron posteriormente). Se identificaron obras de reparación superficial en el aletón aguas arriba y la presencia de algunos agrietamientos menores en la cara de ese aletón.
- Respecto de las vigas que se adquirieron mediante la contratación 2022CD-000179-0005500001 se realizaron mediciones para compararlas con las especificaciones contenidas en el cartel de licitación, según se señala en la tabla existen diferencias importantes entre las dimensiones reales de las vigas y lo solicitado en el cartel. Adicionalmente se identificaron condiciones en estas vigas (ver tabla 4) que no son típicas en elementos nuevos o no corresponden a elementos de reciente fabricación. La longitud de las vigas (18,55 m) exceden la longitud de la superestructura (12,2 m) con lo cual se infiere que estas vigas deberán ser modificadas para utilizarse en este puente.
- Se concluye que las estructuras inspeccionadas no corresponden a cabalidad con lo indicado en los diseños, situación que podría comprometer el desempeño del puente.

8. Recomendaciones

- De acuerdo con los datos indicados en la memoria de cálculo y planos constructivos de la ampliación de la superestructura propuesta y dado que existen datos de importancia para el diseño que no son precisos, tales como, las dimensiones de las vigas, el esfuerzo de fluencia no verificado y las cargas de diseño no acordes con la normativa nacional, se recomienda solicitar al profesional responsable del proyecto una aclaración sobre estos aspectos y sus implicaciones en el desempeño de la estructura, todo esto a la luz de la normativa nacional vigente y los lineamientos que los agremiados al Colegio de Ingenieros y Arquitectos de Costa Rica (CFIA) deben seguir. Se recomienda solicitarle al ingeniero la aclaración sobre la información utilizada para el diseño y que esta sea respaldada con resultados de ensayo que permitan obtener el valor real de las características mecánicas de las vigas.
- Se recomienda a la Municipalidad y su equipo consultor, que valore si las obras de ampliación de la superestructura que contempla la utilización de las vigas actuales del puente requieren labores de reforzamiento o rehabilitación adicionales, por las condiciones de deterioro que presentan estos elementos y el esfuerzo que implicaría



en estos la ampliación a dos carriles con la consecuente posibilidad de que dos vehículos pesados coincidan en el puente al mismo tiempo, .

- Se recomienda solicitar criterio técnico a la Dirección de Puentes del MOPT como ente rector de la materia del país en cuanto a la calidad de la memoria de cálculo estructural del proyecto.



Referencias

- AASHTO. (2002). *Manual de diseño de puentes estándar*. Washington DC: AASHTO.
- AASHTO. (2010). *AASHTO LRFD Bridge Construction Specifications 3rd Edition*. Washington D.C.: American Association of State Highway and Transportation Officials.
- AASHTO. (2020). *AASHTO LRFD Bridge Design Specifications 9th Edition*. Washington DC: AASHTO.
- CFIA. (2013). *Lineamientos para el diseño sismorresistente de puentes*. San José: CFIA.
- Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos. (2013). *Lineamientos para el diseño sismorresistentes de puentes*. San José: CFIA.
- Ministerio de Obras Publicas y Transportes. (2007). *Manual de Inspección de Puentes*. San José: MOPT.
- Ministerio de Obras Publicas y Transportes. (2010). *Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes*. San José: MOPT.