



05 de octubre 2020
LM-IC-D-0895-2020

Señor
Néstor Mattis Williams
Alcalde
Municipalidad de Limón

**Asunto: Evaluación del puente sobre Río La Estrella,
entre La Guaria y Pandora, Valle de la Estrella**

Estimado Alcalde:

Sirva la presente para saludarle y a la vez hacer de su conocimiento que el pasado 22 de Junio de 2020, se realizó por parte de la Unidad de Gestión Municipal del PITRA-LanammeUCR una visita de evaluación del puente ubicado sobre el Río La Estrella en la comunidad de La Guaria en el Valle de La Estrella, esto a partir de la solicitud de evaluación recibida en nuestras redes sociales, por parte de los vecinos de la zona y en apego a las funciones asignadas por la Ley 8114 y sus reformas, a este laboratorio, en materia de evaluación de obra vial.

Esta evaluación, se fundamenta en una auscultación visual de la estructura, de manera que, durante esta visita al sitio y producto del análisis posterior de los resultados, se han encontrado algunos aspectos relevantes en el puente, los que explican a continuación:

1. Descripción general

El puente visitado se ubica en la comunidad de La Guaria en el Valle de la Estrella, en las coordenadas 9.736884, -82.962195 sobre el Río La Estrella al final de la Ruta Nacional 234 (ver figura 1). Tiene una longitud de 100,6 m y consta de una superestructura de tipo arco de paso inferior con vigas de rigidez laterales estilo cercha a nivel de la superficie de ruedo, su construcción fue finalizada a principios del año 2020.

Los arcos principales cuentan con una altura total de aproximadamente 18 metros, con sección variable compuesta por una estructura de doble arco con una armadura tipo cercha interna, con una sección variable que en sus secciones más cercanas a los apoyos están constituidos por un elemento de sección tipo H de 30 cm de altura y 15 mm de espesor los cuales están unidos en sus alas para formar una sección compuesta doble, en el tramo central del arco reduce su sección continuando con los elementos de la misma sección indicada (ver figura 2).

La superficie de ruedo del puente está compuesta por elementos tipo rejilla unidireccional sobre los cuales se han soldado varillas de construcción en la dirección transversal, esta superficie se apoya directamente sobre el sistema de piso del puente compuesto por vigas de sección "I" que se unen a las cerchas laterales formando un conjunto tipo pasarela (ver figura 3).

La subestructura del puente está compuesta por dos bloques de anclaje sujetos al terreno por medio de pilotes hincados en el terreno, los mismos se unen al arco principal por medio de un sistema de placas y tornillos (ver figura 4).

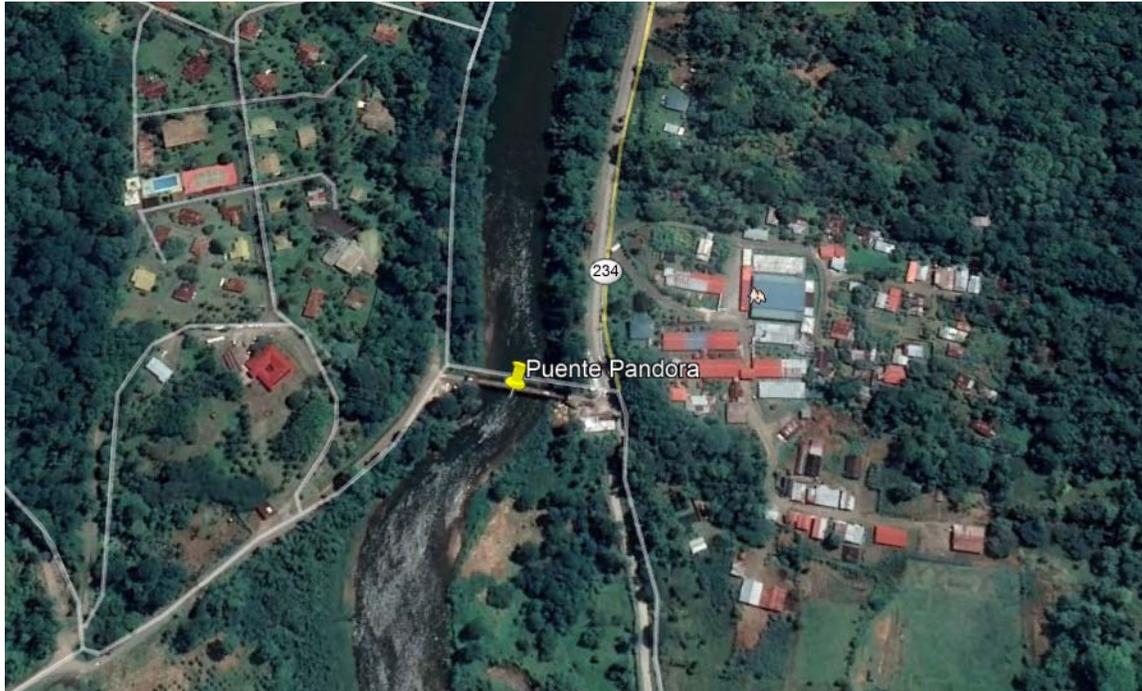


Figura 1. Ubicación del puente sobre Río La Estrella, entre La Guaria y Pandora
Fuente: Google Earth y LanammeUCR

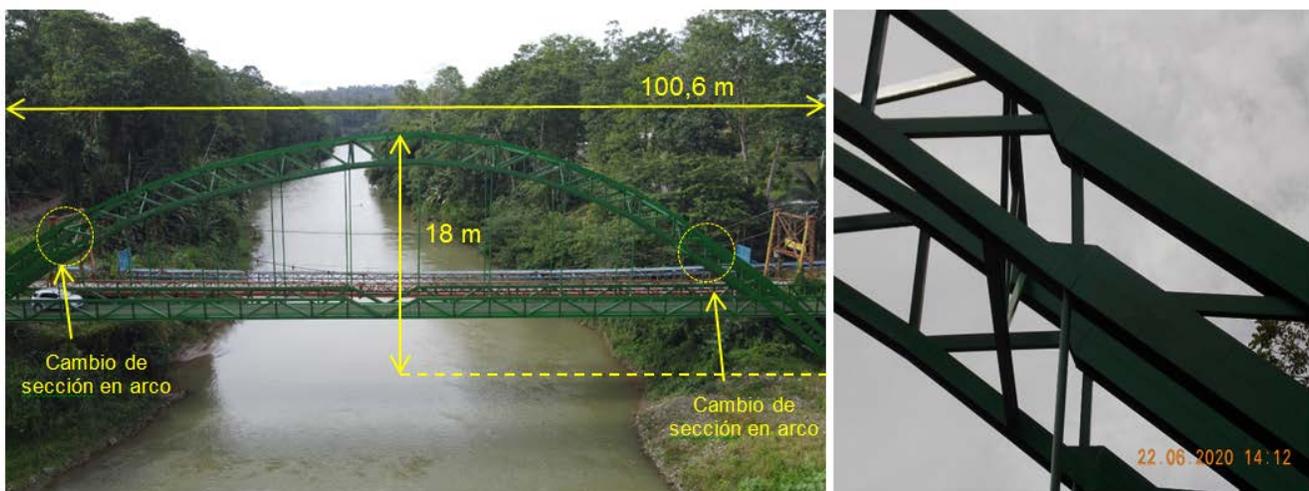


Figura 2, Vista general del puente y detalle de cambio de sección en los arcos principales
Fuente: LanammeUCR



Figura 3: Superficie de ruedo del puente
Fuente: LanammeUCR



Figura 4. Subestructura del puente
Fuente: Facebook Municipalidad de Limón y LanammeUCR

2. Deterioros identificados:

Producto de la auscultación visual de los componentes del puente se han logrado identificar algunas condiciones desfavorables que requieren de la intervención por parte de la Municipalidad de Limón, específicamente para lo siguiente:

- Defectos constructivos identificados en los arcos principales:

Los arcos principales del puente son los elementos que brindan el soporte a los elementos de la superficie de ruedo, cerchas rigidizadoras laterales y sistema de piso, esto a través de pendolones verticales unidos al arco en su zona inferior. En el caso de este puente el sistema de arcos está compuesto por un doble arco unido a través de un sistema de cerchas internas en cada costado, estos

arcos están unidos de forma transversal a través de un sistema de arriostre formado por elementos de sección "I", de aproximadamente 20 cm de altura.

El principio fundamental de funcionamiento de un puente tipo arco, radica en que la distribución de las cargas verticales provenientes del sistema de piso y superficie de ruedo (peso propio y cargas de tránsito), se deben transmitir de forma gradual en el arco hasta llegar a los apoyos del puente en los cuales las fuerzas de reacción de los bloques de anclaje y el terreno mantendrán el sistema estable. Para esto es necesario que la forma del arco se asemeje a una configuración ya sea circular o elíptica, con el objetivo de que la transferencia de fuerzas y esfuerzos internos (principalmente de compresión) sean graduales en la longitud del arco y no se propicien zonas de concentración de esfuerzos (ver figura 5).

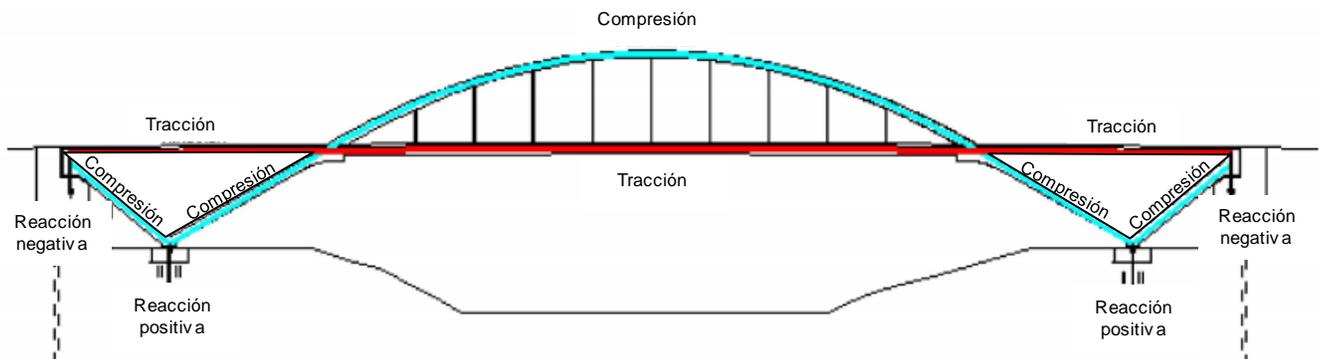


Figura 5: Esquema de tipos de esfuerzo en puente tipo arco atirantado
Fuente: Adaptado de Fhecor Ingenieros Consultores

En el caso de puente Pandora, en ambos arcos del puente se identificaron zonas donde el eje del arco no sigue la configuración circular o elíptica, es decir, hay zonas del arco donde más bien el eje sigue líneas rectas (ver figura 6). En estas mismas zonas de la estructura se identificó la colocación de platinas por sobre las alas del elemento principal para recrear la forma del arco (ver figuras 7 y 8), evidentemente esta situación es indeseable pues estos elementos no resuelven la condición estructural, solamente reducen el impacto visual que produce la construcción de esta zona en forma lineal.



Figura 6. Ubicación de zona donde el eje de ambos arcos del puente sigue un patrón rectilíneo
Fuente: LanammeUCR

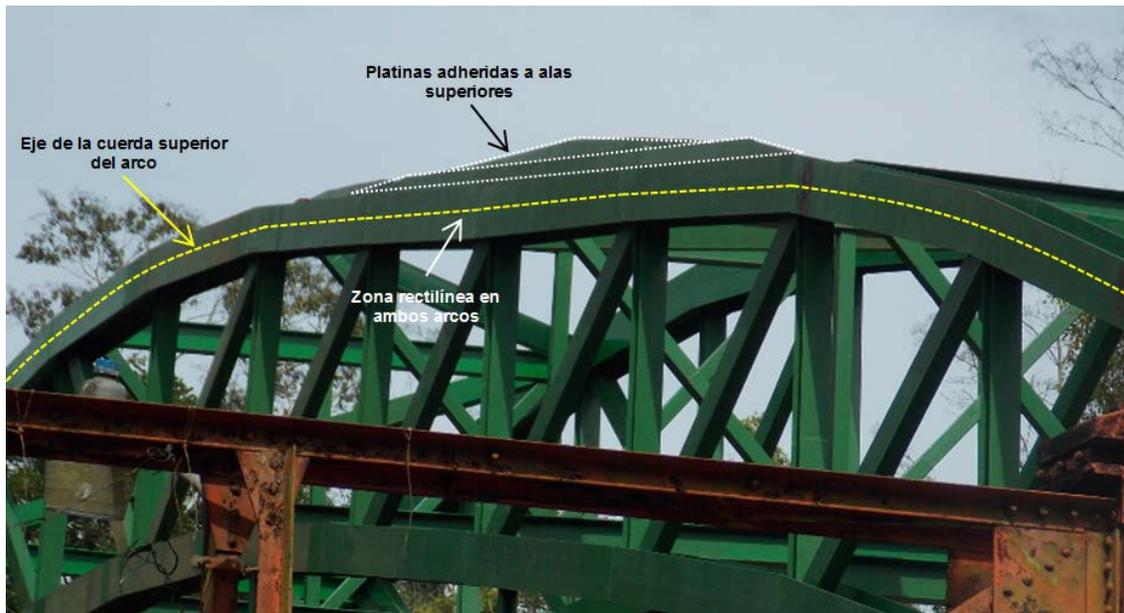


Figura 7. Zona donde la cuerda superior no sigue un patrón circular o elíptico, patinas adheridas en zona superior del arco
Fuente: LanammeUCR



Figura 8. Detalle de las platinas soldadas por sobre la cuerda principal para reducir impacto visual
Fuente: LanammeUCR

Por otra parte, se pudo identificar una diferencia de altura entre ambos arcos principales, con lo cual el sistema de arriostramiento lateral que existe entre los arcos quedó sujeto en puntos con diferente nivel entre los arcos (ver figura 9). Producto de esta situación es posible identificar que en el arco norte (aguas abajo), se realizaron adaptaciones para sujetar el sistema de arriostramiento incorporando platinas que permitieran soldar completamente los elementos del sistema de arriostramiento al arco.



Figura 9. Diferencia de alturas y puntos de unión del sistema de arriostramiento entre los arcos
Fuente: LanammeUCR



Lo anterior, evidencia que durante el proceso de construcción se tuvieron problemas para dar a los arcos la forma circular o elíptica que asegura una adecuada transferencia de esfuerzos hacia las fundaciones, el tramo que muestra un alineamiento rectilíneo ubicado en la margen izquierda del puente fue modificado en su zona superior para reducir el impacto visual en la forma del arco no logrado; sin embargo, esta reparación no garantiza que el arco se comporte estructuralmente de forma adecuada ante las cargas. Se desconoce si durante el procedimiento de armado del puente, la inspección del proyecto y el control topográfico por parte de la Administración registraron y dieron cuenta de esta situación, la cual ameritaba una sustitución de estos elementos para brindar la forma correcta al arco.

La diferencia de elevaciones entre ambos arcos es más que evidente y como consecuencia el sistema de arriostramiento en el arco norte ha quedado unido en puntos que no corresponden enteramente a la cuerda superior del mismo. Ante el tránsito de vehículos y vibraciones naturales del puente estos puntos, que no han quedado debidamente alineados al eje de la cuerda superior, pueden sufrir daños por fatiga, si esto ocurriera se restaría considerablemente la rigidez transversal del puente ante eventos de sismo, por lo que se considera una situación indeseable y debió haber sido solventada antes de la puesta en operación del puente.

- Condición de la superficie de ruedo:

Como se indicó en la descripción de la superficie de ruedo, la misma está compuesta por un conjunto de paneles de acero en configuración de rejilla unidireccional sobre la cual se soldaron varillas de construcción en el sentido transversal. Las rejillas como tal no poseen una superficie rugosa que permita una mayor adherencia de los vehículos a la superficie, por lo que son las varillas que se soldaron posteriormente a su colocación las que proveen de rugosidad (ver figura 10).



Figura 10. Rejillas de piso unidireccionales con varillas de construcción soldadas en superficie de ruedo

Fuente: LanammeUCR

Al respecto, de forma inicial, llama la atención que las rejillas elegidas sean unidireccionales, pues usualmente para este tipo de estructuras se utilizan rejillas bidireccionales que en su zona superior presentan una corrugación o sistema dentado que proporciona la rugosidad necesaria para el tránsito seguro de vehículos (ver figura 11). La incorporación de las varillas de construcción constituye un punto de vulnerabilidad para este sistema de piso, pues con el paso de los vehículos estos puntos de soldadura inevitablemente sufrirán efectos de fatiga y se soltarán poco a poco de la rejilla. Esta situación será particularmente visible en un mediano plazo en la zona de las huellas de la superficie de ruedo (ver figura 12); adicionalmente la diferencia de altura que crean las varillas transversales, generan una vibración considerable sobre los vehículos al pasar por el puente, si bien esto obliga a los conductores a reducir la velocidad representa una situación poco confortable.

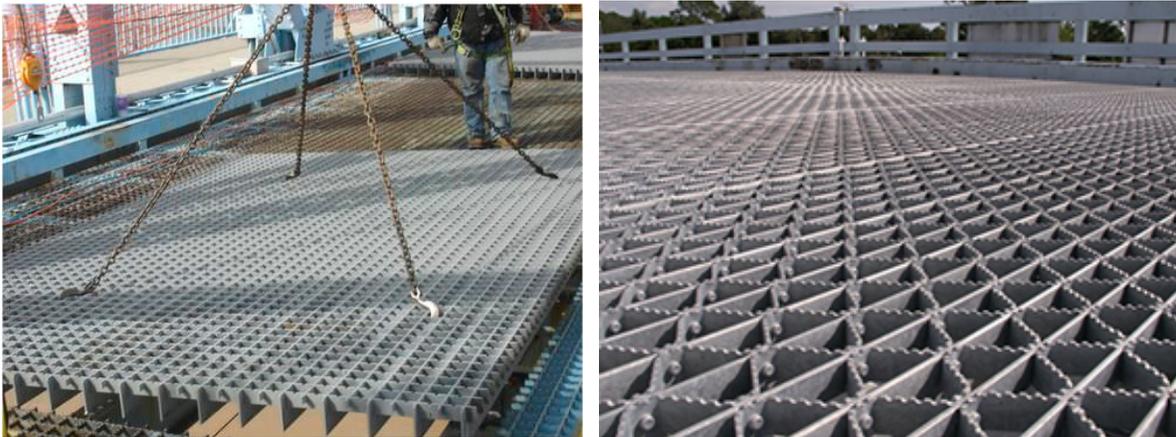


Figura 11. Ejemplos de rejillas de piso para puentes bidireccionales dentadas

Fuente: Marco Specialty Steel®



Figura 12. Huellas de paso de los vehículos en el puente donde podrían darse efectos de fatiga en las varillas.

Fuente: LanammeUCR

- Acceso para camiones articulados:

Este puente se ubica en el acceso principal de una zona de alta producción agrícola, por lo que parte de su objetivo es permitir el paso seguro de camiones de carga con cierta frecuencia. El ancho total disponible para el paso de vehículos entre las cerchas rigidizadoras es de 3,75 m, por lo que los camiones articulados de mayor tamaño deben realizar maniobras complejas para poder dirigir adecuadamente el vehículo dentro del puente. Durante la visita de auscultación fue posible apreciar golpes en las entradas del puente sobre las cerchas rigidizadoras (ver figura 13). Incluso fue posible apreciar las dificultades que representan para los camiones de mayor longitud lograr acomodar el contenedor sin impactar el puente (ver figura 14). Ante esto se considera necesario construir estructuras en el ingreso del puente que impidan que los camiones impacten la estructura.



Figura 13. Impactos en cercha rigidizadora en accesos del puente.
Fuente: LanammeUCR



Figura 14. Maniobras complejas para el ingreso de camiones articulados, ancho disponible en ingreso del puente.
Fuente: LanammeUCR

- Ausencia de demarcación:

En esta ubicación se tienen dos puentes en funcionamiento, uno antiguo de tipo colgante con superficie de rueda en madera y el puente nuevo de tipo arco objeto de esta auscultación visual. Sin embargo, no existe en ninguno de los dos accesos ningún señalamiento que indique cuál puente deben utilizar los vehículos pesados, tampoco existe un señalamiento de peso máximo en el acceso del puente nuevo (ver figura 15) ni hay una indicación sobre la prioridad de paso. Se considera necesario colocar la señalización correspondiente para orientar mejor a los usuarios sobre cual puente utilizar y en qué orden de prioridad.



Figura 14. Ausencia de demarcación vial en ambos puentes.
Fuente: LanammeUCR

3. Conclusiones:

- El puente sobre el Rio La Estrella ubicado entre las comunidades de La Guaria y Pandora presenta deficiencias en sus arcos principales, específicamente por: la existencia de un tramo rectilíneo en la cuerda superior de ambos arcos cerca del extremo de margen izquierda del puente; la diferencia en la altura de ambos arcos, hace que el sistema de arriostramiento en el arco norte no se haya unido de forma correcta.
- El sistema de piso, consistente en una rejilla unidireccional sobre la que se soldaron varillas de construcción, representa una zona de vulnerabilidad con alta posibilidad de que, con el paso del tránsito, estas varillas se desprendan por efectos de fatiga en las soldaduras.
- Se identificaron impactos en los accesos del puente, esto a causa de la dificultad que representa para los camiones articulados alinearse con el puente para hacer uso del mismo.
- No hay señalización regulatoria de peso máximo y prioridad de paso en el puente.

4. Recomendaciones

- Las deficiencias que se identificaron en los arcos del puente corresponden a la ejecución del proceso constructivo del mismo, por lo que se recomienda a la Municipalidad realizar las consultas correspondientes con el contratista y el diseñador sobre la afectación en el funcionamiento seguro del puente ante la existencia de estas condiciones inadecuadas.
- Revisar las condiciones establecidas en el contrato respecto de las situaciones evidenciadas en esta evaluación.
- Realizar un levantamiento con equipo topográfico para determinar con precisión la magnitud de la diferencia de alturas entre los arcos y evaluar sus tolerancias con el diseñador del proyecto.



- Dar seguimiento al comportamiento del sistema de piso, específicamente se recomienda inspeccionar con frecuencia el posible desprendimiento de las varillas de construcción que se soldaron sobre las rejillas unidireccionales. Si estos elementos fallasen se tendría una condición de pérdida de rugosidad considerable y la posibilidad de que partes desprendidas de las varillas generen daños en las ruedas de los vehículos.
- Se recomienda colocar elementos en los accesos que impidan que los camiones impacten la cercha rigidizadora del puente, este tipo de impactos pueden generar daños considerables en los accesos y reducir la vida útil del puente.

Los criterios aquí planteados constituyen recomendaciones hacia las autoridades municipales y están basados en la evidencia visual en sitio. No obstante, recomendamos que la Municipalidad de Limón tome las medidas necesarias y oportunas que considere y que debe establecer la forma en cómo se realizará la intervención de este puente. No se omite indicar que para esta evaluación no se tuvieron a disposición los planos aprobados ni los documentos contractuales, esta evaluación no contemplaba dentro de su alcance, un análisis de la estructura en relación con los planos aprobados y los documentos contractuales ya que se circunscribió a una evaluación visual.

Sin otro particular se despide,

Ing. Erick Acosta Hernández
Coordinador UGM

Ing. Ana Luisa Elizondo Salas, MSc,
Coordinadora PITRA

Ing. Alejandro Navas Carro, MSc.
Director LanammeUCR

CC:
Sr. Néstor Mattis Williams, Alcalde Municipalidad de Limón
Ing. Josué Quesada Campos, M.Eng. Ingeniero Unidad de Gestión Municipal
Juan D Rivera. Interesado
Comité Cívico Distrital, Estrada de Limón