

Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales

Informe: EIC-Lanamme-1625-2022

Tipo de Informe: Asesoría

INFORME SOBRE INSPECCIÓN DE PUENTES A SOLICITUD DE LA MUNICIPALIDAD DE QUEPOS

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

Agosto 2022

1. Informe: EIC-Lanamme-1625-2022		2. Copia No. 1
3. Título y subtítulo: Informe sobre inspección de puentes a solicitud de la Municipalidad de Quepos		4. Fecha del Informe: Agosto 2022
5. Organización y dirección Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, Tel: (506) 2511-2500 / Fax: (506) 2511-4440		
6. Notas complementarias		
7. Resumen Este informe presenta los resultados de las inspecciones visuales ejecutadas entre los días 11 y 12 de julio de 2022 a los puentes: Cerritos, Rigo Pelón, El Silencio y San Andrés; pertenecientes a la Red Vial Cantonal de Quepos. Esto a partir de la solicitud planteada por parte de la Municipalidad de Quepos a través del oficio MQ-UDC-124-2022 de fecha 31 de mayo de 2022.		
8. Palabras clave Inspección de puentes, Quepos	9. Nivel de seguridad: Ninguno	10. Número de páginas: 17
11. Preparado por:		
Ing. Josué Quesada Campos. M.Eng. Unidad de Gestión Municipal		
_____ Fecha / /		
12. Revisado por:	13. Revisado por:	14. Aprobado por:
Ing. Erick Acosta Hernández Coordinador Unidad de Gestión Municipal	Licda. Nidia María Segura Jiménez Asesora legal LanammeUCR	Ing. Ana Luisa Elizondo Salas MSc. Coordinadora General PITRA
_____ Fecha / /	_____ Fecha / /	_____ Fecha / /

Índice de Contenidos

1. Introducción	4
2. Objetivos	4
3. Alcance del informe	4
4. Limitaciones	5
5. Diagnóstico de los puentes	5
5.1 Cerritos (Parcelas)	5
5.2 Puente Rigo Pelón (Quebrada Chorrito)	7
5.3 Alcantarilla entrada a El Silencio	9
5.4 Puente San Andrés	11
6. Conclusiones y recomendaciones	16
7. Referencias	17

1. Introducción

En el presente documento se presenta la respuesta al oficio MQ-UDC-124-2022 de fecha 31 de mayo de 2022 en el cual se plantea una solicitud para realizar la inspección de cuatro puentes vehiculares ubicados dentro de la red vial del cantón de Quepos. Por parte del Lanamme se plantea la posibilidad de aportar insumos importantes para este proceso apegándose al ámbito de acción delimitado por la Ley 8114 y sus reformas. Específicamente, se realizan observaciones sobre los principales deterioros que presentan las estructuras con el fin de generar insumos para que la Unidad Técnica de Gestión Vial determine las estrategias de intervención que deben aplicarse a cada caso en particular.

Las recomendaciones planteadas en este informe son producto del proceso de inspección detallada de cada puente en sitio realizadas los días 11 y 12 de julio de 2022, las mismas han sido realizadas por personal de la Unidad de Gestión Municipal del LanammeUCR, como parte de la asesoría técnica solicitada por la Municipalidad de Quepos y en apego a las funciones asignadas por la Ley 8114 y sus reformas a este laboratorio en materia de evaluación de obra vial.

2. Objetivos

- Presentar los principales deterioros de los puentes Cerritos, Rigo Pelón, El Silencio y San Andrés con base en la visita de inspección realizada los días 11 y 12 de julio de 2022.
- Proponer actividades de mantenimiento y rehabilitación generales para los puentes inspeccionados con base en el diagnóstico de deterioros generado.

3. Alcance del informe

En el presente informe se plantean actividades de intervención a nivel de mantenimiento y rehabilitación para cada una de las estructuras basándose en los deterioros que fueron documentados en la inspección visual.

No se plantean diseños estructurales ni procedimientos constructivos específicos para cada caso, sino que se brinda una guía sobre el tipo de actividades que deberían considerarse para el mejoramiento de la condición de estos puentes, así como su orden de intervención considerando aspectos de seguridad estructural y funcional en conjunto con aspectos básicos de seguridad vial.

Debe entenderse que las recomendaciones brindadas en este documento requieren de procesos de diseño y análisis específicos en cada caso (especialmente las obras de rehabilitación) que deben ser llevadas a cabo por ingenieros civiles con experiencia en la intervención en puentes.

4. Limitaciones

Los puentes objeto de este informe son estructuras que llevan muchos años en funcionamiento y de las cuales no existe documentación (planos constructivos) ni registros de intervenciones recientes. De ahí que los criterios que se plantean en cada caso corresponden a lo observable en cada caso (tipos de deterioro y extensión de los mismos).

Las recomendaciones brindadas corresponden a actividades usuales de mantenimiento y reparación de puentes a nivel cantonal y con base en la experiencia del personal de la Unidad de Gestión Municipal. Sin embargo, no se deben descartar otras alternativas que podrían ser planteadas a la Municipalidad por otros profesionales en la materia. No se han realizado ensayos a los materiales componentes de estos puentes, por lo que su respuesta a nivel de capacidad de soporte o similares es desconocida. Para el caso de estructuras que se ubican en una clasificación de falla inminente o riesgo inaceptable es responsabilidad de la Municipalidad de Quepos gestionar las acciones de limitación de carga o cierre según considere conveniente.

5. Diagnóstico de los puentes

5.1 Cerritos (Parcelas)

Este puente se ubica en las coordenadas (9.49929, -84.15363) sobre un canal de riego ubicado en la zona de producción de palma (ver figura 1) en el acceso a la localidad de Cerritos (Parcelas). El mismo tiene una longitud de 14,2 m y consiste en un puente de un único carril, con una superestructura de tipo viga simple (dos vigas de acero tipo I), con un espesor de losetas de 0,14 m, apoyadas sobre bastiones tipo cabezal de concreto.

El puente no posee barandas en los costados, ni iluminación, no hay señalización vial, ni elementos de contención en los accesos, ni tampoco aceras peatonales. Este camino presenta poco tránsito, pero representa el principal acceso a la localidad y sobre el mismo se da el paso de camiones que transportan principalmente palma, por lo que el puente representa un activo muy importante.



Figura 1: Ubicación del puente Cerritos y vista general.

Fuente: Google Earth y LanammeUCR

Producto de la inspección en campo se identificaron deterioros y deficiencias que se considera deben ser atendidos por la Municipalidad de Quepos, en la siguiente tabla se resumen los mismos:

Tabla 1: Deterioros y deficiencias identificadas en Puente Cerritos

Deterioro o deficiencia identificada	Comentario
 <p>Deformación en las vigas de la estructura</p>	<p>Se identifica una deformación lateral considerable en las vigas principales del puente, que consisten en dos elementos de acero de sección I de 0,46 m de peralte apoyadas sobre vigas cabezales de concreto en los extremos. Esta deformación ha generado un pandeo longitudinal de toda la superestructura de aproximadamente 0,38 m y un desplazamiento lateral de las vigas de aproximadamente 0,25 m. Este tipo de falla se denomina pandeo local y pudo haber sido causado por una sobrecarga en el puente.</p> <p>Adicionalmente, las vigas del puente presentan oxidación en la totalidad del área superficial y corrosión con delaminaciones en las alas inferiores. El puente no cuenta con un sistema de arriostramiento lateral, el cual pudo haber reducido la magnitud de la deformación lateral. Se observa un desplazamiento de las losetas del puente producto de la deformación en las vigas, algunas de las losetas presentan agrietamientos.</p> <p>Esta situación que se presenta en este puente reduce considerablemente la funcionalidad del mismo y aumenta considerablemente el riesgo de un accidente grave en el puente al tener que realizarse una maniobra de frenado brusco ante el desnivel presente, aunado a la ausencia de barandas y señalización la condición desde una perspectiva de seguridad vial es crítica.</p>
 <p>Oxidación y corrosión de vigas principales</p>	
 <p>Desplazamiento lateral de losetas</p>	

	<p>Ambas subestructuras consisten en vigas cabezales de aproximadamente 0,90 m de altura, 4,05 m de ancho y 0,95 m de largo que carecen de fundaciones (están simplemente apoyadas en el terreno). En el caso de la margen izquierda el cauce impacta directamente con la zona de apoyo de esta viga cabezal, se presenta un cambio de dirección en el flujo de agua y esto ha generado socavación en esta zona; existen algunos trabajos de retención, pero los mismos no están en buena condición</p>
	<p>Ante la deformación de la superestructura descrita en el punto anterior, en algún momento se habilitó un paso vehicular en el sector aguas abajo del puente. El mismo consistió en una doble alcantarilla de concreto de 0,8 m de diámetro que al momento de la inspección no estaba en funcionamiento por la pérdida del material de relleno. De manera que, los usuarios no tienen más alternativa que utilizar el puente con las condiciones inseguras presentadas</p>

5.2 Puente Rigo Pelón (Quebrada Chorrito)

En este punto la estructura que existía fue dañada por una creciente de forma tal que no existe posibilidad de paso, sólo los bastiones. El punto de interés se ubica en las coordenadas (9.387566, -84.039035) sobre Quebrada Chorrito. Durante un proceso de inspección de rutina realizado en el año 2012 se había evaluado la estructura anterior, la cual contaba con una longitud de 13,8 m y consistía en un puente de un único carril, con vigas de acero de tipo I de 0,25 m de altura y con una losa de concreto de 0,15 m de espesor. La subestructura (aún existente) consiste en bastiones tipo fabricados con concreto de aproximadamente 2,62 m de altura (ver figura 2).

Al momento de la visita se pudo observar que existe un paso provisional a través de la quebrada, sin embargo, al incrementarse el nivel de las aguas es posible que el paso se vea interrumpido. No hay condiciones seguras para el paso de peatones, ciclistas y motociclistas.

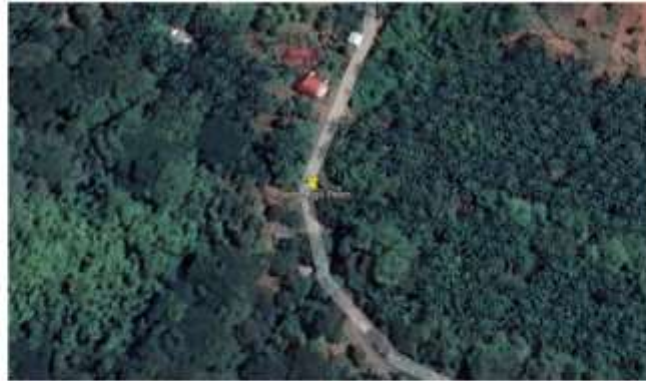


Figura 2: Ubicación del puente Rigo Pelón, vista general en años 2012 izquierda y 2022 derecha.
Fuente: Google Earth y LanammeUCR

Producto de la visita al sitio donde se ubicaba el puente Rigo Pelón se identifican algunas condiciones que se considera deberían ser tomadas en cuenta para la restitución de la estructura:

Tabla 2: Condiciones del paso por la Quebrada Chorrito

Deterioro o deficiencia identificada	Comentario
 <p>Condición de bastiones antiguos</p>	<p>Ambos bastiones están conformados por elementos de tipo loseta (baldosa) que han sido colocados para soportar el relleno posterior. Sin embargo, no están anclados al terreno de forma segura, únicamente unos postes de madera brindan apoyo a estas losetas. Esta configuración se considera inadecuada para soportar la superestructura de puente.</p> <p>Se considera que se deben construir nuevos bastiones utilizando materiales de mayor resistencia con cimentaciones adecuadas.</p>

 <p>Obras temporales inadecuadas</p>	<p>Se identificaron obras temporales de cimentación que, según versión de funcionarios municipales estaban destinadas para apoyar una superestructura. Estas obras no se consideran adecuadas en vista de que carecen de un diseño formal y su zona de apoyo ejercería una presión de empuje sobre los elementos de tipo loseta mostrados anteriormente (inseguros).</p>
 <p>Longitud del puente a construir</p>	<p>A partir de la evidencia de desbordamiento presente en campo y del antecedente de la falla del puente anterior por efectos de socavación (ya documentados desde la inspección realizada en el año 2012), se considera que el puente a construir necesariamente debe contar con una longitud mayor a la de la estructura anterior. Adicionalmente, esto permitiría elevar el nivel de la superestructura con lo cual se reduciría el riesgo potencial de desbordamiento. Se recomienda ejecutar estudios hidrológicos e hidráulicos para determina esa longitud final. Sería esperable que la misma sea cercana a los 20 m de longitud (separación de bastiones).</p>

5.3 Alcantarilla entrada a El Silencio

Esta estructura inspeccionada cuenta con las características propias de una alcantarilla, su ubicación corresponde a las coordenadas (9.404180, -84.030923) sobre un afluente del Río Guabas en la ruta que brinda el principal acceso hacia la comunidad de El Silencio. Esta estructura tiene una longitud de 8 m y consiste en una tubería de acero corrugado de aproximadamente 3 m de diámetro, con una losa de 0,3 m y muros cabezales con aletones de concreto aproximadamente 0,45 m de espesor, en este paso se cuenta con un único carril disponible para el paso vehicular, no hay infraestructura peatonal y se cuenta con barandas metálicas en ambos costados (ver figura 3).



Figura 3: Ubicación de alcantarilla en entrada hacia El Silencio y vista general.

Fuente: Google Earth y LanammeUCR

Producto de la inspección en campo se identificaron deterioros y deficiencias que se considera deben ser atendidos por la Municipalidad de Quepos, en la siguiente tabla se resumen los mismos:

Tabla 3: Deterioros y deficiencias identificadas en alcantarilla El Silencio

Deterioro o deficiencia identificada	Comentario
 <p>Desbordamientos por contracción de cauce (insuficiente capacidad hidráulica)</p>	<p>El puente presenta daños en varios elementos a causa de los desbordamientos que se presentan en este punto. La contracción que la estructura genera en el cauce es significativa pues el ancho de cauce pasa de aproximadamente 8 m a una tubería de 3 m de diámetro.</p> <p>Estas condiciones y los daños que ya ha causado el flujo de agua durante las crecientes justifican la ejecución de obras de ampliación de la estructura en este paso de aguas.</p> <p>Es posible que se vuelvan a repetir los daños ya observados en rellenos de aproximación y barandas, generando interrupciones y cierres de la vía.</p>
 <p>Daños en aletón por pérdida de relleno</p>	<p>El aletón de margen derecha – aguas abajo sufrió una falla completa que ha permitido que el relleno de aproximación se deslice hacia el cauce. Es posible que este relleno siga deslizándose y ante una nueva creciente o desbordamiento del río se pierda la continuidad en la vía.</p>



Daños en barandas

Las barandas del sector aguas abajo de la alcantarilla han perdido parte de su extensión en el acceso de margen derecha y se presentan movimientos en la misma. Esto implica que ante un impacto vehicular posiblemente estas barandas cedan completamente. Se recomienda implementar obras de reconstrucción del aletón fallado y del sector de la baranda faltante, así como reforzar los soportes de la baranda en la estructura.



Deformación en la alcantarilla y agrietamientos en losa

Se identifica una deformación en la tubería de acero corrugado y separación en los costados respecto a las paredes de concreto. Esta deformación incide en la aparición de agrietamientos en la superficie de ruedo.

Las separaciones existentes en los costados permiten el ingreso de agua y podrían generar un proceso acelerado de deterioro y socavación en la alcantarilla.

Si bien se ha mencionado que la capacidad hidráulica de esta alcantarilla es insuficiente para el caudal de este cauce durante las crecientes (lo cual justificaría su ampliación), se considera que deben realizarse obras de protección contra la socavación y filtración del agua a partir de estas separaciones observadas.

5.4 Puente San Andrés

Este puente se ubica en las coordenadas (9.32980, -83.94904) sobre la Quebrada San Andrés, el mismo tiene una longitud de 11,7 m y consiste en un puente de un único carril, con dos


superestructuras de tipo viga simple (tres cerchas de acero), con un espesor de losa de 0,2 m, apoyadas sobre dos bastiones tipo muro y una pila central de una sola columna. El puente cuenta con barandas mixtas de concreto y acero en ambos costados, no existe iluminación, no hay señalización vial, ni elementos de contención en los accesos, ni tampoco aceras peatonales (ver figura 4).






Figura 4: Ubicación de puente San Andrés y vista general.
Fuente: Google Earth y LanammeUCR

Producto de la inspección en campo se identificaron deterioros y deficiencias que se considera deben ser atendidos por la Municipalidad de Quepos, en la siguiente tabla se resumen los mismos:

Tabla 4: Deterioros y deficiencias identificadas en puente San Andrés

Deterioro o deficiencia identificada	Comentario
	<p>Se identificaron secciones de las cerchas principales del puente que han sufrido daños significativos por corrosión. En algunos puntos se tienen agujeros a través del acero y secciones con pérdidas significativas del espesor.</p> <p>Cabe mencionar que el acero utilizado para la construcción de estas cerchas es un acero galvanizado no apto para ser expuesto a condiciones ambientales de alta humedad y temperatura ambiente como las presentes en este sitio.</p> <p>Se recomienda realizar el reemplazo de las secciones del puente que muestran daños que hayan reducido el espesor del acero y aplicar un sistema de protección contra la corrosión de acuerdo a los lineamientos de la sección 555 del CR-2020 (Ministerio de Obras Públicas y Transportes, 2020). Se observó que las zonas más afectadas son coincidentes con los puntos de evacuación de aguas que carecen de extensiones, por lo</p>

 <p>Corrosión con pérdida de sección en cerchas principales</p>	<p>que se recomienda colocar extensiones en los drenajes del puente de acuerdo con la sección 561 del CR-2020 (Ministerio de Obras Públicas y Transportes, 2020) o su versión vigente.</p>
 <p>Daño por impacto en cercha principal</p>	<p>Se observa un daño por impacto en la cercha externa (aguas abajo) de la superestructura de margen derecha. Esta deformación fue ocasionada por un tronco que golpeó la cercha (documentado por una inspección realizada en el año 2012).</p> <p>Se recomienda realizar una sustitución del elemento dañado según los lineamientos de la sección 555 del CR-2020 (Ministerio de Obras Públicas y Transportes, 2020) o su versión vigente.</p>
 <p>Uniones inadecuadas entre cerchas y sistema de arriostramiento</p>	<p>Las uniones entre las cerchas principales y el sistema de arriostramiento consisten en tornillos de tipo "carrocería" sujetos por tuercas que solamente vinculan una parte de los elementos del sistema de arriostramiento.</p> <p>Este tipo de unión se considera inadecuada pues la vinculación entre los elementos únicamente se da en un punto, usualmente este tipo de uniones se realizan en toda la zona de contacto entre las estructuras para evitar un efecto de concentración de esfuerzos.</p> <p>Se recomienda realizar un proceso de unión (soldadura) entre los elementos siguiendo los lineamientos de la sección 555 del CR-2020 (Ministerio de Obras Públicas y Transportes, 2020) o su versión vigente.</p>

	<p>Se identifican agrietamientos en dos direcciones en la cara inferior de la losa. Se recomienda realizar reparaciones locales con concreto y epóxicos penetrantes que permitan sellar las aberturas según los lineamientos de la Sección 568 del CR-2020 (Ministerio de Obras Públicas y Transportes, 2020) o su versión vigente.</p>
	<p>Se observa una inclinación en el bastión de margen derecha, esta inclinación se refleja en un desnivel existente entre el bastión y la pila central de aproximadamente 0,12 m que es fácilmente identificable en la superestructura.</p>
	<p>Existe una separación entre los aletones y el cuerpo principal del bastión en la margen derecha, este daño es coincidente con la inclinación que se presenta en el bastión anteriormente mostrada.</p> <p>Se recomienda realizar un sellado y reparación local de estas aberturas siguiendo los lineamientos de la Sección 552 del CR-2020 (Ministerio de Obras Públicas y Transportes, 2020) o su versión vigente.</p>
	<p>Se identifica socavación por debajo de la fundación del bastión de margen izquierda y en la pila central.</p>



Socavación en bastión de margen izquierda y pila central

Se recomienda construir obras de protección para la fundación colocando material de relleno en la zona afectada y aplicar medidas de prevención para evitar su reincidencia de acuerdo con la Sección 601 del CR-2020 (Ministerio de Obras Públicas y Transportes, 2020) o su versión vigente.



Los elementos metálicos de las barandas presentan deformación y se observan sectores faltantes.

En los componentes de concreto se observan grietas ubicadas en la zona de unión de las superestructuras, por lo que es posible que este agrietamiento sea consecuencia de la inclinación (asentamiento) del bastión de margen izquierda.



Deformación y agrietamientos en barandas

Se recomienda realizar las reparaciones correspondientes para que el sistema de protección cumpla con los estándares de seguridad para puentes y cargas vehiculares pesadas, de acuerdo con la Guía para el análisis y diseño de seguridad vial de márgenes de carreteras mayo 2011 y con los lineamientos de las Secciones 617 y 618 del CR-2020 (Ministerio de Obras Públicas y Transportes, 2020) o su versión vigente.

6. Conclusiones y recomendaciones

- Se han inspeccionado cuatro pasos de agua a partir de la solicitud planteada por la Municipalidad de Quepos en el oficio MQ-UDC-124-2022, identificándose dos puentes, una alcantarilla y un punto donde existió un puente.
- En el caso del puente Cerritos se identificaron condiciones que lo ubican en una condición de riesgo inaceptable o falla inminente de acuerdo a los criterios de evaluación visual de puentes (Muñoz-Barrantes, y otros, 2015). Por lo que las obras en esta estructura se consideran prioritarias para evitar un colapso repentino de la misma que pueda traer graves consecuencias a los usuarios.
- En el caso del punto donde se ubicaba el puente Rigo Pelón se identificó parte de los bastiones que soportaban el puente, sin embargo, han sufrido un proceso grave de socavación y se considera que la colocación de una nueva superestructura sin realizar una reconstrucción de estos bastiones sería riesgosa.
- En la alcantarilla ubicada en el acceso principal de El Silencio se identifica una limitada capacidad hidráulica de la tubería corrugada presente debido a la contracción del cauce, esto ha generado daños en diferentes elementos de la alcantarilla y desbordamientos. Se considera que en este punto se debe incrementar la capacidad hidráulica para evitar una reincidencia en los daños.
- En el puente San Andrés se encontraron deterioros y daños en diferentes componentes estructurales. Los daños que se considera más graves son: corrosión con pérdida de sección y agujeros en cerchas principales, asentamiento del bastión de margen derecha, socavación de fundaciones en bastión de margen izquierda y pila central. Se considera que este puente requiere de una intervención a nivel de rehabilitación para asegurar su capacidad estructural y funcional.
- Los criterios aquí planteados constituyen recomendaciones hacia las autoridades municipales y están basados en la evidencia visual en sitio. No obstante, recomendamos a la municipalidad tome las medidas necesarias y oportunas que considere, para evitar un colapso de los casos clasificados en condición seria y falla inminente. Por lo que, será la municipalidad la que deba establecer la forma en cómo se realizará la intervención de estos puentes.
- Posterior a las obras de reparación se recomienda desarrollar un Plan de Mantenimiento de Puentes que incluya actividades rutinarias y periódicas, aplicando una revisión general anual de los puentes para definir las tareas necesarias. Para ello se recomienda tomar en consideración el Capítulo 6 Conservación de estructuras mayores del Manual de Especificaciones Generales para la Conservación de Caminos, Carreteras Y Puentes (Ministerio de Obras Públicas y Transportes, 2015).

7. Referencias

LanammeUCR. (2022). *Alternativas de mitigación y prevención de la socavación en puentes cantonales*. San Pedro: UCR.

Ministerio de Obras Publicas y Transportes. (2007). *Manual de Inspección de Puentes*. San José: MOPT.

Ministerio de Obras Públicas y Transportes. (2020). *Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes CR-2020*. San José: Ministerio de Obras Publicas.

Muñoz-Barrantes, J., Vargas-Alas, L. G., Vargas-Barrantes, S., Agüero-Barrantes, P., Villalobos-Vega, E., Barrantes-Jiménez, R., & Loría-Salazar, L. G. (2015). *Actualización de los criterios de evaluación visual de*. San Pedro: Universidad de Costa Rica.