

Propuesta de planes de intervención de puentes de la Red Vial Cantonal de Cartago

ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN
CONSTANCIA DE DEFENSA PÚBLICA DEL PROYECTO DE GRADUACIÓN

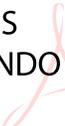
Propuesta de planes de intervención de puentes de la red vial cantonal de Cartago

Llevado a cabo por el estudiante:

Blanco León Matías José	Carné:	2014053942
Fallas Mora Laura Daniela	Carné:	2017056465

Proyecto de Graduación defendido públicamente ante el Tribunal Evaluador el martes 24 de enero de 2023 como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería en Construcción, del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

En fe de lo anterior firman los siguientes integrantes del Tribunal evaluador:

**JOSE ANDRES
ARAYA OBANDO
(FIRMA)**  Firmado digitalmente por
JOSE ANDRES ARAYA
OBANDO (FIRMA)
Fecha: 2023.01.30 17:32:55
-06'00'

Dr. Ing. José Andrés Araya Obando
Director de la Escuela

**GIANNINA ORTIZ
QUESADA
(FIRMA)**  Firmado digitalmente
por GIANNINA ORTIZ
QUESADA (FIRMA)
Fecha: 2023.01.26
14:25:05 -06'00'

Ing. Giannina Ortiz Quesada, MSc.
Profesora Guía

**MAURICIO
CARRANZA
SOLANO (FIRMA)**  Firmado digitalmente
por MAURICIO
CARRANZA SOLANO
(FIRMA)
Fecha: 2023.01.30
13:50:35 -06'00'

Ing. Mauricio Carranza Solano
Profesor Lector

**MILTON ANTONIO
SANDOVAL
QUIROS (FIRMA)**  Firmado digitalmente por
MILTON ANTONIO
SANDOVAL QUIROS (FIRMA)
Fecha: 2023.01.24 14:41:06
-06'00'

Ing. Milton Sandoval Quirós, MBA
Profesor Observador

Resumen

El presente proyecto se enfoca en proveerle a la Municipalidad de Cartago, las herramientas para el mantenimiento adecuado de los puentes pertenecientes al cantón de Cartago, al proponer un plan de intervención para las estructuras de puentes en el mismo.

Primeramente, se analizó la información suministrada por el Centro de Investigación en Vivienda y Construcción, con el cual se pudo determinar el estado actual de las 45 estructuras de puentes en el cantón de Cartago perteneciente a la Red Vial Cantonal.

En el segundo objetivo se recolectó fuentes bibliográficas nacionales e internacionales sobre métodos de intervención de estructuras de puentes. Posteriormente en el tercer objetivo se categorizó las estructuras según su Índice de Condición Estructural y las alertas en la estructura para su posición de prioridad de intervención, además, se incluyó costos unitarios asociados a los materiales y las diferentes actividades de preservación.

En el cuarto objetivo se redactaron las listas actividades de intervención para el mantenimiento rutinario, mantenimiento correctivo y rehabilitación, además, se propuso un plan decenal para la ejecución de las intervenciones junto con el costo aproximado; la información se recopiló en una guía para entregarle a la Municipalidad de Cartago.

Por último, el quinto objetivo consiste en un plan de intervención para las estructuras MCAR029 y MCAR034, en este se consideran los daños presentes en los puentes y se brinda una lista de actividades a realizar con el fin de solventar los problemas, se redactó un apéndice del plan de intervención para esos dos puentes con el fin de entregárselo a la Municipalidad de Cartago para que puedan usarlo de ejemplo y replicarlo en las otras estructuras.

Palabras clave: Puente, Mantenimiento, CIVCO, PEEP, Mantenimiento Rutinario, Mantenimiento Correctivo, Rehabilitación, Sustitución

Abstract

This project focuses on providing the Cartago City Council with the tools for the proper maintenance of the bridges belonging to the canton of Cartago, by proposing an intervention plan for the bridge structures in it.

First, the information provided by the Centro de Investigación en Vivienda y Construcción (CIVCO) was analyzed to determine the current state of the 45 bridge structures in the Cartago canton that belongs to the cantonal road network.

In the second objective, national and international bibliographic sources on methods of intervention of bridge structures were gathered. Subsequently, in the third objective, the structures were categorized for their intervention priority position according to their Structural Condition Index and the alerts in their structure, in addition, unit costs associated with the materials and the different preservation activities were included.

In the fourth objective, the lists of intervention activities for routine maintenance, corrective maintenance, and rehabilitation were drafted, additionally, a ten-year plan for the execution of the interventions was proposed along with the approximate cost; the information was compiled in a guide to be delivered to the Cartago City Council.

Finally, the fifth objective consists of an intervention plan for the structures MCAR029 and MCAR034, which contemplates present damages in the bridges and provides a list of activities to be carried out to solve those problems; an appendix of the intervention plan for these two bridges was drafted in order to provide it to the Cartago City Council so that they can use it as an example and replicate it in the other bridge structures.

Keywords: Bridge, Maintenance, CIVCO, PEEP, Routine Maintenance, Corrective Maintenance, Rehabilitation, Replacement

Propuesta de planes de intervención de puentes de la Red Vial Cantonal de Cartago

Propuesta de planes de intervención de puentes de la Red Vial Cantonal de Cartago

**MATÍAS JOSÉ BLANCO LEÓN
LAURA DANIELA FALLAS MORA**

Trabajo Final de Graduación para optar por el grado de
Licenciatura en Ingeniería en Construcción

noviembre del 2022

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN**

Contenido

Prefacio	2
Resumen ejecutivo	3
Introducción	6
Capítulo 1: Marco teórico	8
Capítulo 2: Metodología	17
Capítulo 3: Resultados y análisis de resultados	21
Conclusiones y recomendaciones	56
Referencias bibliográficas	58
Apéndices	61
Anexos	62

Prefacio

El proyecto nace ante la necesidad de contar con un plan de conservación y mantenimiento de los puentes pertenecientes a la Red Vial Cantonal del cantón de Cartago, los cuales se encuentran a cargo de la municipalidad de dicho cantón. Es de suma importancia la conservación de estas estructuras, ya que estas, se encargan de unir dos puntos geográficos. En este caso los cuarenta y cinco puentes pasan sobre caudales de ríos. Es por ello por lo que, estos elementos, son vitales para la comunicación y transporte de personas de manera segura y en el menor tiempo posible. El país tiene un problema generalizado de pocos o nulos planes de mantenimiento de los puentes, llevando a estas estructuras a un estado crítico donde su solución es el reemplazo de estos, costándole millones de colones al Estado Costarricense.

El objetivo principal del proyecto es realizar una guía de intervenciones generales para estructuras de puentes con el cual, las personas encargadas de planificar las actividades de conservación puedan conocer las diferentes intervenciones para cada puente y puedan proyectar los trabajos dentro de su presupuesto anual. Además, se realiza un plan de intervenciones para dos estructuras de puentes específicas, los cuales se pueden utilizar como ejemplo para replicarlo en las otras estructuras.

Por último, los autores de este documento quisieran agradecer a la profesora Ing. Giannina Ortiz Quesada, por su guía y apoyo continuo durante la confección del proyecto. Además, y no menos importante, se extiende un enorme agradecimiento a nuestros padres, hermanos, hermanas y amigos que nos mostraron todo su apoyo y paciencia durante toda nuestra trayectoria universitaria.

Resumen ejecutivo

En este Trabajo Final de Graduación se desarrolló una propuesta de planes de intervención de puentes de la Red Vial Cantonal del cantón de Cartago. Esto se realizó con el fin de servir de guía a la Municipalidad de Cartago, entidad gubernamental local a la que pertenecen los puentes analizados en este documento, para la elaboración de planes específicos de obras de intervención de estructuras para cada puente del cantón.

En este proyecto se plantea resolver, de manera general, un problema que posee el país a nivel local y es la falta de planes de intervención y mantenimiento en estructuras de puentes. Este inconveniente se arrastra de años anteriores, en donde no se invirtió en planes de conservación vial y solo se destinó presupuesto a obra nueva u obra de emergencia. Esto provocó que muchas de las infraestructuras viales se deterioran con el tiempo, poniendo en peligro la seguridad de los usuarios y una muy probable afectación al tránsito de la vía en donde se encuentra el puente. Es por ello por lo que tener planes de intervención de puentes a corto, mediano y largo plazo es fundamental para el correcto funcionamiento y conservación de nuestras carreteras y evitar afectación a los usuarios de estas estructuras.

Para la elaboración de este proyecto se contó con la ayuda del Programa de Evaluación de Estructuras de Puentes (PEEP) y el Centro de Investigación en Vivienda y Construcción (CIVCO). Estos proporcionaron el Inventario de Puentes del cantón de Cartago hecho en el año 2021, en el cual se basa los resultados y análisis de resultados de este documento. Este inventario brinda acceso a las inspecciones visuales, informes de inspecciones visuales y clasificación por medio de diferentes categorías, realizadas a los cuarenta y cinco puentes pertenecientes al cantón de Cartago. Con todo esto, se procedió a la realización y confección de este documento, en el cual se contó con el apoyo y guía de la profesora Ing. Giannina Ortiz Quesada.

En primer lugar, se redactó el capítulo 1 de este documento, el cual corresponde al marco teórico, en donde se incorporan todos los conceptos básicos e indispensables para entender este trabajo. Para este se utilizaron fuentes nacionales tales como el Manual de Inspección de Puentes del Ministerio de Obras Públicas y Transportes (2007) y fuentes internacionales como la Bridge Preservation Guide de la Federal Highway Administration (2018). En este se trataron conceptos relacionados a componentes de los puentes, tipos de puentes, gestión de activos viales, tipos de intervención en puentes, sistemas de gestión de puentes, eBridge, red vial nacional y la Red Vial Cantonal.

Luego se procedió con la realización del capítulo 2 de este trabajo, correspondiente a la metodología, la cual se subdivide en los distintos objetivos de este trabajo y en donde se detalla cómo se realizó cada uno de estos. Además, se incluyó un flujograma, en el cual se describe las actividades realizadas en cada objetivo.

Seguidamente se elaboró el capítulo 3, en donde se abordaron los resultados y análisis de resultados de este proyecto. Además, en este capítulo, se incluye el desarrollo de los cinco objetivos de este trabajo. El primer objetivo trata sobre el análisis detallado de todos los puentes pertenecientes al cantón de Cartago, de acuerdo con el índice estructural BCI. Para ello se utilizó, el antes mencionado, Inventario de Puentes del cantón de Cartago, el cual posee una categorización de los puentes de acuerdo con el índice BCI obtenido en las inspecciones realizadas. A partir de este, se encontraron los siguientes resultados:

1. De los cuarenta y cinco puentes analizados, dos se encuentran en una condición deficiente, siete poseen una calificación de insatisfactorio, veinte cinco tienen una calificación de aceptable y, por último, once puentes obtienen una calificación de satisfactorio.
2. Las alarmas en las estructuras de puentes nos muestran que, el 11% de los elementos analizados tienen alarmas en la superestructura, 16% en la subestructura y el 31% en los apoyos de los puentes

También, se incluyó un análisis de los resultados obtenidos en este inventario tales como los puentes según su material, estructura y longitud, así como el estado de los componentes de seguridad.

Posteriormente, se realizó el objetivo 2, en el cual se investigaron varios métodos de intervención en estructuras de puentes. Para esto se elaboró un estado del arte, en el cual se mencionaron fuentes nacionales como la Guía Técnica para el Mantenimiento de Puentes de los autores Thomas Winiker y Giannina Ortiz de 2021, la Propuesta de actividades de intervención y costos unitarios para la atención de los daños de la Red de Puentes de El Guarco de los autores Pablo Gutiérrez Solís y Keilyn Salazar Brenes y la Priorización para la conservación de los puentes en las rutas nacionales 2 y 10 correspondientes a la zona de conservación vial 1-7 de Cartago del autor José Antonio Obando Leiva. Además, se incluyeron fuentes internacionales, tales como las medidas eficientes en la conservación de puentes de los ingenieros Matute, L y Pulido, el Manual para Conservación de Puentes y Estructuras Similares (2018) de la Dirección General de Servicios Técnicos de la Secretaría de Comunicaciones y Transporte de México y Bridge Preservation Fundamentals desarrollado por el National Highway Institute. Para cada fuente se hizo una breve descripción de este y su comento su importancia para la elaboración de este documento.

Luego, se continuó con el desarrollo del objetivo 3, correspondiente a la categorización de los puentes del cantón de Cartago por tipo de intervención. Para ello se categorizaron los puentes en cuatro categorías, las cuales son el mantenimiento rutinario, mantenimiento correctivo, rehabilitación y sustitución. A partir del índice BCI se realizó la categorización inicial y se analizó individualmente cada puente para corroborar o cambiar este resultado inicial. De aquí se obtuvo que en tres estructuras se recomendó una intervención de tipo sustitución, cuatro se sugirió una rehabilitación, veintiocho necesitan un mantenimiento correctivo y, por último, diez de los puentes requieren de un mantenimiento rutinario. A partir de la realización de este objetivo, se investigó y recopiló una lista precios unitarios para materiales y actividades correspondientes a cada categoría de tipo de intervención de puentes. Esta tomo base los documentos correspondientes a el presupuesto de la “Reconstrucción del puente sobre el Río Ciruelas en la comunidad de Calle El Urbano, Guácima - San Antonio”, hecha por la Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias y la Municipalidad de Alajuela (2022), el presupuesto “Mantenimiento según demanda” de la Municipalidad de El Guarco y los documentos mencionados en el estado del arte correspondientes a Gutiérrez Solís, P. & Salazar Brenes, K. (2019, diciembre) y Ortiz Quesada, G., & Winiker Pérez, T. (2022).

Para el objetivo 04, el cual trata sobre la elaboración de una guía de intervención general para todos los puentes del cantón de Cartago, la cual tiene como fin, servir de orientación a la Municipalidad de Cartago para la realización, en el futuro, de obras de intervención de estructuras de puentes. En esta se mencionan aspectos como lista de actividades de intervención, precios unitarios estimados y un plan presupuestario decenal. Para la realización de la lista de actividades, al igual que en el objetivo anterior se utilizó como referencia el presupuesto “Mantenimiento según demanda” de la Municipalidad de El Guarco y se hizo un cuadro en donde se colocan la lista de actividades, divididas en mantenimiento rutinario, correctivo y rehabilitación y se coloca una breve descripción de cada actividad. Además, se incluye un cuadro con las actividades de intervención y su respectivo precio unitario estimado. Y, por último, se adiciona un plan decenal, es decir un plan a diez años, para la intervención de todos los puentes del cantón, en donde se incluye la priorización de intervención de cada estructura, el presupuesto estimado para cada puente, sugerido en el Inventario de Puentes del cantón de Cartago y un presupuesto anual para la intervención de los puentes. Además, se adjunta en la sección de apéndices de este trabajo, una guía de intervención general para todos los puentes del cantón de Cartago. Este contiene el alcance de la guía, marco teórico del trabajo, una pequeña explicación de los tipos de intervención, la intervención recomendada para cada estructura, el plan decenal para la realización de las intervenciones, las actividades de intervención, los costos unitarios de estas y su correspondiente bibliografía.

Y, por último, se tiene el objetivo 5, el cual consistió en establecer un plan de intervención específico para dos estructuras de puentes del cantón de Cartago. Aquí se escogieron dos estructuras de puentes, el MCAR029 y el MCAR034, los cuales poseen los tipos de intervención más recurrentes en el análisis de resultados, el mantenimiento rutinario y mantenimiento correctivo respectivamente. Para la elaboración del plan, cada estructura de puente, se le colocaron tres cuadros correspondientes a la información de este, los daños constatados en el informe de la inspección visual y la lista de actividades de intervención para cada estructura con su respectivo precio unitario estimado. También, al igual que en el objetivo anterior, se elaboró un apéndice, adjuntado a este trabajo, en el cual se colocó alcance de este y, para cada puente, se colocaron tres cuadros correspondientes a la información de este, los daños constatados en el informe de la inspección visual y la lista de actividades de intervención para cada estructura con su respectivo precio unitario estimado.

Cabe destacar que aunque, en este trabajo, se han considerado aspectos importantes a nivel estructural y materiales de los puentes, se han dejado fuera temas como las condiciones hidrológicas e hidráulicas, las condiciones de tránsito y la verificación de su cumplimiento con los códigos de construcción actuales, así como su capacidad de carga y aspectos relacionados con la geotecnia. Sin embargo, se espera que este trabajo brinde una base sólida para futuras investigaciones en estos ámbitos.

A partir de toda la investigación realizada y durante la elaboración de este trabajo se plantearon una serie de recomendaciones que se recomienda seguir para mejorar el alcance de este proyecto. Estas se enlistan a continuación:

- Se recomienda, a todas las entidades encargadas por el funcionamiento y mantenimiento de los puentes, que mejoren su respuesta ante el estado de estos, ya que, si no se intervienen estas estructuras en un tiempo adecuado, las mismas pueden llegar a tener una condición estructural grave y, con ello, se puede llegar a poseer condiciones adversas que van desde malas condiciones de seguridad ante los usuarios hasta la afectación del tránsito de vehículos.
- Se recomienda que las entidades gubernamentales, de tipo nacional y local, posean, en su presupuesto de conservación vial, un rubro para las intervenciones de estructuras de puentes, esto con el fin de mejorar el estado actual de los puentes y que los mismos pueden llegar a tener una vida útil de acuerdo con las especificaciones y sin ningún tipo de adversidades.
- Se recomienda, antes de diseñar y ejecutar obras de intervención de puentes en el cantón de Cartago, que se realice una nueva inspección visual de los puentes, ya que la investigación hecha en este trabajo se basa en información de inspecciones realizadas en el año 2021, por lo cual, al momento de realizar el trabajo recomendado, este puede que no refleje la verdadera intervención que necesitan las estructuras.
- Se recomienda tener un inventario de puentes del cantón de Cartago, el cual se aconseja actualizar cada dos años como máximo; esto con el fin de monitorear, de manera constante, el estado actual de los puentes.
- Se recomienda ejecutar con urgencia las obras de intervención en los puentes cuya recomendación, por su índice BCI, dio como resultado sustitución o rehabilitación, esto con el propósito de no dañar la seguridad de los usuarios de estas estructuras, así como no afectar el tránsito sobre las vías donde se encuentran estos puentes.
- Se recomienda investigar, en específico, sobre actividades de intervención de puentes cuyo rubro implique rehabilitación o sustitución, ya que estas obras son específicas para cada puente y requieren de un amplio estudio.
- Se recomienda investigar sobre precios unitarios específicos para actividades de intervención de puentes, ya que la información disponible actualmente para este rubro es muy escasa y no refleja de una manera completa los precios reales que implican los trabajos de mantenimiento en puentes.

Por todo lo anteriormente mencionado, este proyecto tiene como meta servir de orientación a la Municipalidad de Cartago y a otras entidades gubernamentales para la elaboración, específicamente, de obras de intervención de estructuras, para cada puente que este a su responsabilidad. Además, se pretende que este documento pueda ser utilizado en otros ámbitos como una herramienta de orientación que elimine el rezago nacional en estos temas y que amplíe la conciencia en la inversión de estos planes.

Introducción

El presente documento, creado con el fin de obtener el grado de Licenciatura en Ingeniería en Construcción, ha sido desarrollado mediante la ayuda Programa de Evaluación de Estructuras de Puentes (PEEP) y el Centro de Investigación en Vivienda y Construcción (CIVCO). En este se pretende realizar una propuesta de planes de intervención de puentes de la Red Vial Cantonal para el cantón de Cartago, esto con el propósito de servir de guía a la Municipalidad de Cartago, entidad a la que pertenecen los puentes analizados en este trabajo, para la elaboración de planes específicos de obras de intervención de estructuras para cada puente del cantón.

En este proyecto se plantea resolver un problema que se ha presentado a lo largo de los años el cual es la falta de planes de intervención y mantenimiento de puentes a nivel local. En nuestro país, por su situación geográfica, ambiental, hidrológica y económica, los puentes son de gran importancia. Son quizás el componente más importante de la infraestructura vial, debido a que se convierten en el principal cuello de botella en cuanto a capacidad de carga y funcionalidad de tráfico, y en caso de colapso, la ruta completa queda fuera de operación (Garita et al., 2018). Eventualmente, a estas estructuras no se les aplicó el correcto mantenimiento preventivo provocando un deterioro progresivo en estos elementos. La mayoría de estas estructuras fueron construidas hace más de 30 años y la inversión en mantenimiento y actualización ha sido mínima (Garita et al., 2018). Esto ha conducido a que muchos puentes presenten daños o deficiencias detectables visualmente en diferentes elementos de la estructura tales como seguridad vial, losas, juntas de expansión y drenajes (Garita et al., 2018). Algunas consecuencias de esta falta de conservación son el encarecimiento de las intervenciones de los puentes, peligros de seguridad para los usuarios e interrupciones en el tráfico.

Es por ello por lo que poseer un plan de conservación de estructuras de puentes es fundamental para el buen funcionamiento, no solo de los puentes, sino de las vías donde se ubican estos elementos y la seguridad de los usuarios. Además, de que una inversión en este rubro puede generar ahorro económico, ya que un mantenimiento de tipo rutinario o correctivo tiene un costo económico más bajo que una intervención de tipo rehabilitación o una sustitución.

Por ello, para alcanzar el desarrollo de esta propuesta, se inició con el análisis de los puentes del cantón de Cartago según el índice de condición estructural (BCI), el cual es un índice de uso exclusivo en Costa Rica. Esto se realizó con la ayuda del Inventario de Puentes del cantón de Cartago hecho en el año 2021, por parte del PEEP y del CIVCO. Este cuenta con información detallada sobre el estado actual de los cuarenta y cinco puentes pertenecientes a la Red Vial Cantonal del cantón de Cartago.

Posteriormente, se procedió a la investigación de métodos de intervención en estructuras de puentes, en donde se elaboró un estado del arte con diferentes fuentes de tipo nacionales como Trabajos Finales de Graduación y Manuales del Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT). Así como fuentes internacionales tales como manuales de mantenimiento de puentes extranjeros de países como México y Estados Unidos.

Seguidamente, se categorizó los puentes del cantón de Cartago por tipo de intervención, esto mediante la agrupación en cuatro categorías de intervención y el uso de una matriz de comparación para colocar y clasificar cada una de estas estructuras. Estas categorías escogidas fueron el mantenimiento rutinario, mantenimiento correcto, rehabilitación y sustitución, los cuales son aspectos estándar en mayoría de países en términos de conservación vial. Además, se investigó el posible costo unitario de actividades y materiales utilizados en la intervención de estructuras de puentes.

Luego se propuso una guía de intervención general para todos los puentes del cantón de Cartago, esto fin el servir de base a la Municipalidad de Cartago para la realización, en el futuro, de obras de

intervención de estructuras de puentes. En este objetivo se mencionan aspectos como una lista de actividades de intervención y precios unitarios estimados.

Y, por último, se estableció un plan de intervención específico para dos estructuras de puentes del cantón de Cartago, en donde se escogieron dos elementos los cuales representa los tipos de intervención más recurrentes en el análisis de resultados que son el mantenimiento rutinario y mantenimiento correctivo. En esta parte del trabajo, para cada estructura de puente, se colocaron tres cuadros correspondientes a la información de este, los daños constatados en el informe de la inspección visual y la lista de actividades de intervención para cada estructura con su respectivo precio unitario estimado.

Es importante destacar que este Trabajo Final de Graduación se enfoca en el análisis de las estructuras de puentes. Aunque se han abordado aspectos críticos en cuanto a la estructura y los materiales, algunos temas relevantes como las condiciones hidrológicas e hidráulicas, las condiciones de tránsito, la verificación de cumplimiento con los códigos de construcción actuales, la capacidad de carga y la geotecnia, han quedado fuera del alcance de este trabajo. No obstante, se espera que esta investigación proporcione una base sólida para futuras investigaciones que aborden estos temas importantes.

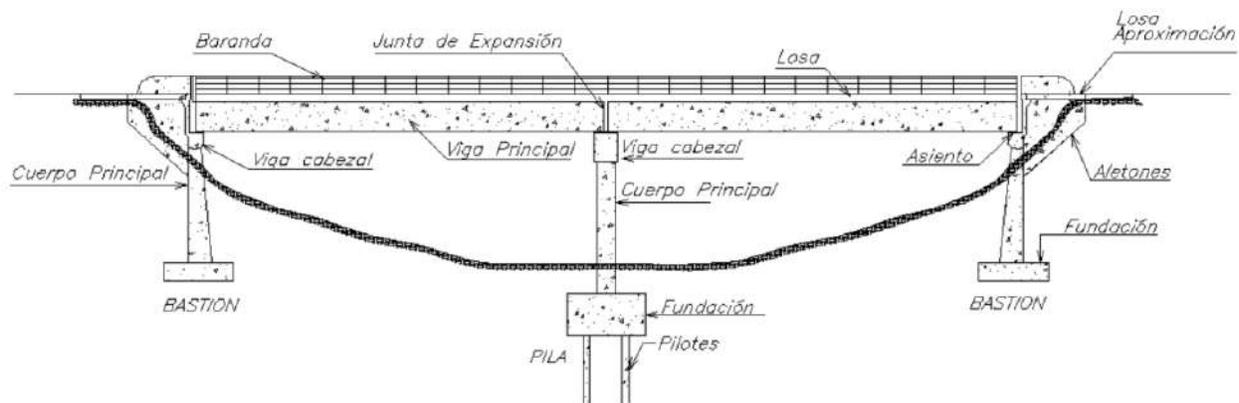
Es por esto por lo que este proyecto tiene como meta servir de dirección a la Municipalidad de Cartago y a otras entidades gubernamentales para la elaboración, específicamente, de obras de intervención de estructuras, para cada puente que este a su responsabilidad. Además, se pretende que este documento pueda ser utilizado en otros ámbitos como una herramienta de orientación que elimine el rezago nacional en estos temas y que amplíe la conciencia en la inversión de estos planes.

Capítulo 1: Marco teórico

En primer lugar, para abordar de la mejor manera el proyecto, se debe conocer algunos conceptos básicos los cuales facilitaran la comprensión del documento. De acuerdo con el Manual de Inspección de Puentes del Ministerio de Obras Públicas y Transportes (2007) un puente se define como “estructura construida para salvar un cauce o extensión de agua como una quebrada, río, canal, lago, bahía, etc.”

Componentes de los puentes

Figura 1. Elementos principales de los puentes



Fuente: Ministerio de Obras Públicas y Transportes, 2007

Conforme al Ministerio de Obras Públicas y Transportes (2007), los componentes de los puentes se dividen en cuatro categorías:

1. Accesorios: Son elementos sin función estructural, pero necesarios para el buen desempeño del puente como las juntas de expansión, superficie de rodamiento y barandas.
2. Superestructura: Se conforma por el piso, elementos principales como vigas, cerchas y arco, además de los elementos secundarios.
3. Subestructura: se compone de los apoyos, los bastiones y las pilas.
4. Accesos de aproximación: corresponde a la losa de aproximación y los rellenos.

Accesorios

- Juntas de expansión: Son elementos colocados al inicio y final de cada superestructura para permitir el movimiento por contracción o expansión a partir de cambios de temperatura o sismos. Se puede catalogar en juntas abiertas y juntas selladas, juntas de placas de acero deslizante y junta de placas dentadas. El uso de estos depende del tamaño máximo de los desplazamientos presentes en la superestructura.
- Superficie de rodamiento: es una capa de desgaste colocada para proteger la losa, su espesor puede variar de 2,54 cm a 5 cm y son diseñadas con asfalto o concreto.
- Baranda: es un sistema de contención para evitar la caída al vacío de quienes lo utilizan.

Superestructura

- Sistema de piso: también es conocido como losa, su función es trasladar la carga viva que circula sobre ella hacia los elementos principales de la superestructura.
- Elementos secundarios: se encargan de distribuir las cargas, generar mayor rigidez lateral y torsional, para evitar que los elementos principales se deformen.
- Elementos principales: soporta las cargas transferidas y las trasmite a la subestructura mediante los apoyos.

Subestructura

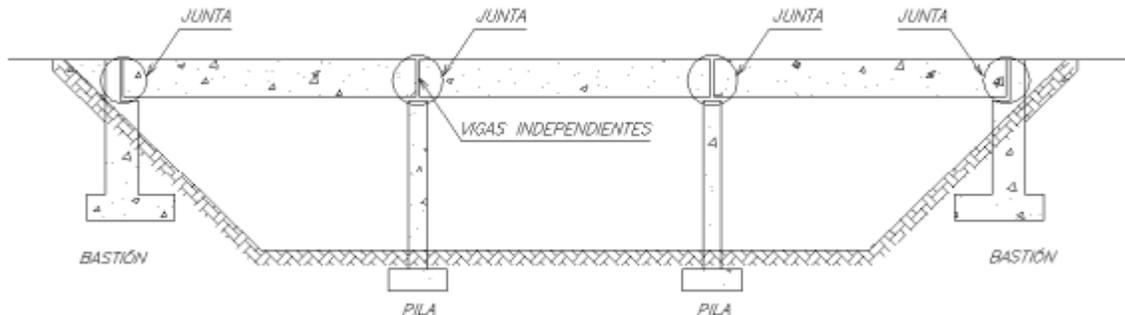
- Apoyos: De acuerdo con el Ministerio de Obras Públicas y Transportes (2007), estos son sistemas mecánicos que transmiten las cargas verticales de la superestructura a la subestructura. Las funciones principales de estos elementos son el garantizar los grados de libertad del diseño de la estructura, así como traslación por expansión o contracción térmica o sismo y la rotación causada por la deflexión de la carga muerta y la carga viva. Existen tres tipos de apoyos.
 1. Expansión: permite una rotación y traslación en sentido longitudinal.
 2. Fijo: permite la rotación de la estructura y restringe el movimiento de traslación.
 3. Rígido o empotrado: este restringe cualquier tipo de movimiento, ya sea traslación o rotación en la estructura.
- Bastiones: Según el Ministerio de Obras Públicas y Transportes (2007), estos son elementos que funcionan como apoyo en los extremos de una superestructura y, al estar en contacto con los rellenos de aproximación de la estructura, estos absorben el empuje producido por el empuje del terreno. Se componen de aletones, viga cabezal, cuerpo principal y fundación. Existen varios tipos de bastiones tales como de gravedad, voladizo, marco, muro, cabezal, tierra armada.
- Pilas: conforme al Ministerio de Obras Públicas y Transportes (2007), estas son estructuras que sirven de apoyos intermedios a la superestructura. Las pilas se componen de viga cabezal, cuerpo principal y fundación. Algunos tipos de pilas existen son de muro, marco, columna sencilla y columna múltiple.

Tipos de puentes

Según el Ministerio de Obras Públicas y Transportes (2007), existen 4 tipos de puentes catalogados de acuerdo con su superestructura:

1. Superestructuras de Vigas: esta se subdivide en tres tipos.
 - a. Viga simple: se compone de una viga principal la cual cuenta con dos apoyos y juntas expansión colocadas al inicio y al final del tramo.

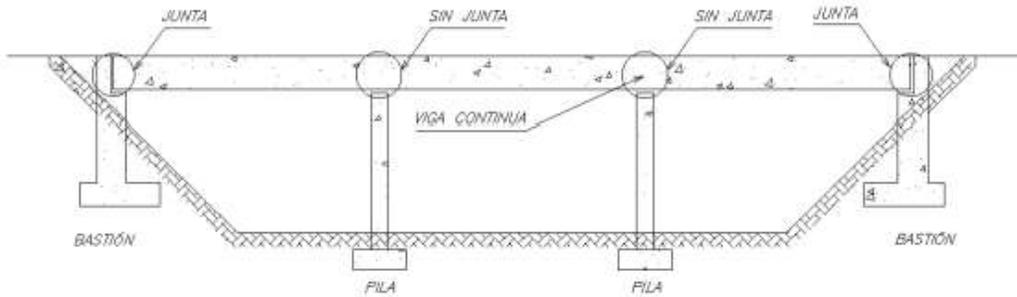
Figura 2. Puente de viga simple



Fuente: Ministerio de Obras Públicas y Transportes, 2007

- b. Viga continua: está compuesta de una viga principal y cuenta con más de dos apoyos.

Figura 3. Puente de vigas continuas



Fuente: Ministerio de Obras Públicas y Transportes, 2007

c. Marco rígido: es una estructura en la cual las vigas se encuentran empotradas en las pilas de tal manera que los esfuerzos de flexión son transmitidos de los apoyos a las columnas del puente.

Figura 4. Puente de marco rígido

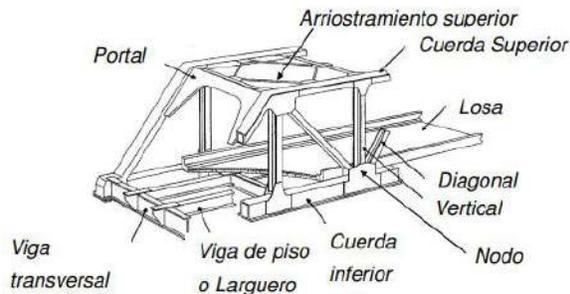


Fuente: Ministerio de Obras Públicas y Transportes, 2007

1. Superestructura de cercha: de acuerdo con Ministerio de Obras Públicas y Transportes (2007), esta estructura se compone de dos armaduras unidas entre sí mediante el sistema de piso, diafragmas transversales o portales y los sistemas de arriostramiento superior e inferior. Existen tres tipos de estructura de cercha para puentes.

a. Paso inferior: la estructura de cercha se encuentra por debajo del paso vehicular.

Figura 5. Puente de paso inferior



Fuente: Ministerio de Obras Públicas y Transportes, 2007

- b. Paso superior: la estructura de cercha se localiza por encima del paso vehicular.

Figura 6. *Puente de paso inferior*



Fuente: Ministerio de Obras Públicas y Transportes, 2007

- c. Media altura: es una estructura de cercha, la cual no cuenta con ningún tipo de arriostramiento superior. Un ejemplo de este tipo de puente es el denominado puente "Bailey".

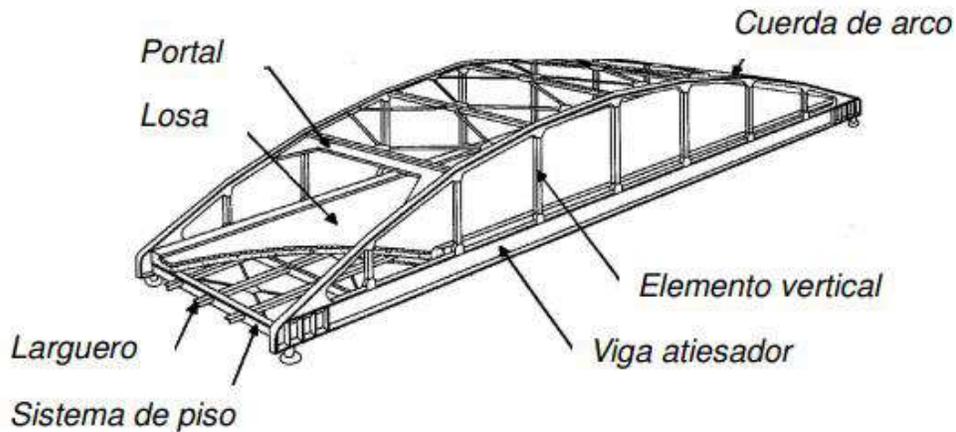
Figura 7. *Puente de media altura*



Fuente: Ministerio de Obras Públicas y Transportes, 2007

3. Superestructura de arco: conforme al Ministerio de Obras Públicas y Transportes (2007), esta es una estructura compuesta por vigas o armaduras con forma de arco sometida a esfuerzos de compresión pura. El modelo más común de este tipo de puente es el simplemente apoyado. Además, hay dos tipos de arco, de paso inferior y superior, los cuales poseen el mismo concepto que los mencionados anteriormente en los tipos de cercha.

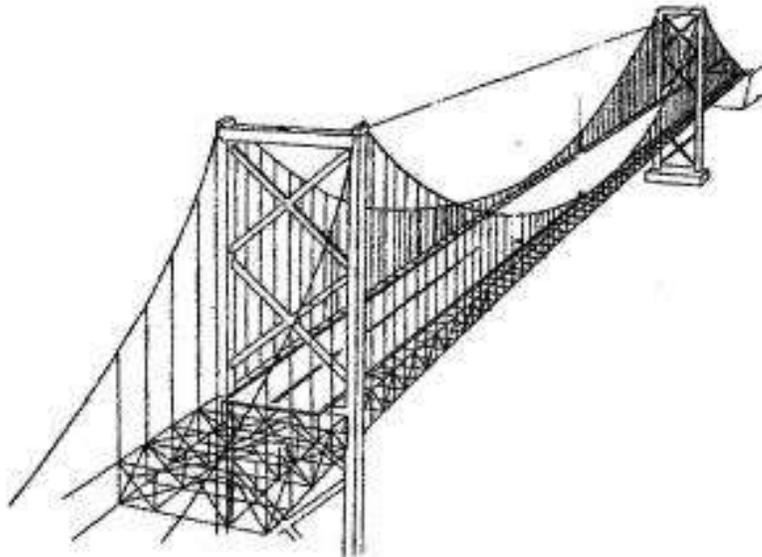
Figura 8. Puente de arco



Fuente: Ministerio de Obras Públicas y Transportes, 2007

3. Superestructura suspendida: esta subdivide en dos tipos.
 - a. Colgante: el Ministerio de Obras Públicas y Transportes (2007) expresa que es un sistema de piso suspendido mediante péndolas (o cables secundarios verticales), los cuales a su vez están unidos a los cables principales que forman una curva catenaria entre las torres.

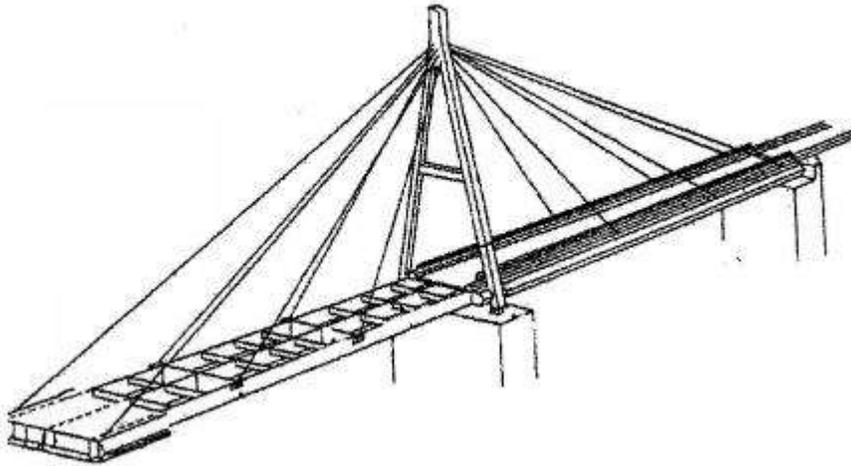
Figura 9. Puente colgante



Fuente: Ministerio de Obras Públicas y Transportes, 2007

- b. Atirantado o de pilas: de conformidad con Ministerio de Obras Públicas y Transportes (2007), es un sistema de piso suspendido de una o varias pilas centrales mediante cables tirantes inclinados que trabajan a tensión. A diferencia de los puentes tipo colgantes, estos no requieren anclajes en los extremos debido a que el anclaje se localiza en las mismas pilas.

Figura 10. Puente atirantado



Fuente: Ministerio de Obras Públicas y Transportes, 2007

Gestión de Activos Viales

La gestión de activos, según expresa la Federal Highway Administration (2018) se define como un “proceso estratégico y sistemático de operar, mantener y mejorar los activos físicos, con un enfoque tanto en la ingeniería como en el análisis económico basado en información de calidad, para identificar una secuencia estructurada de mantenimiento, preservación, reparación, rehabilitación y acciones de reemplazo que lograrán y mantendrán el estado deseado de buen estado durante el ciclo de vida de los activos a un costo mínimo practicable”.

De acuerdo con Gómez Aguilar (2020), los activos viales “son todos aquellos elementos que contiene una carretera completa: pavimento, elementos de seguridad vial, puentes, taludes, drenajes y señalización”. Además, para lograr una buena gestión de estos, se debe conocer cuales activos viales se posee y contar con planes de intervención para cada uno de los elementos en mantenimiento rutinario y correctivo, rehabilitación y sustitución.

Tipos de Intervención en puentes

- **Mantenimiento:** según la Federal Highway Administration (2018), este se define como el trabajo que se realiza para mantener la condición de un sistema de transporte o, también, la respuesta a condiciones o eventos específicos que restablecen la vía a un estado funcional de operaciones.
- **Mantenimiento rutinario:** la Federal Highway Administration (2018) expresa que se refiere a todo trabajo realizado por temporadas, como respuesta a un evento o actividades realizadas por necesidades operativas en un corto plazo, las cuales no poseen valor de conservación. Además, este tipo de trabajo requiere atención periódica recurrente.
- **Mantenimiento correctivo:** de acuerdo con Ortiz Quesada y Winiker Pérez (2022) este se define como las actividades que se deben programar de acuerdo con las necesidades específicas de cada elemento en revisión. Esto se debe identificar en el proceso de inspección visual de puentes.

- **Rehabilitación:** según la Federal Highway Administration (2018) este se refiere a las actividades requeridas para la restauración de la integridad estructural de un puente, así como el trabajo necesario para corregir los principales defectos de seguridad de este.
- **Sustitución:** este, de acuerdo con la Federal Highway Administration (2018), se define como la sustitución total de un puente existente por una nueva estructura construida en el mismo lugar donde se ubicó la antigua instalación.

Sistema de gestión de puentes

La gestión de puentes según Murillo Madrigal y Castillo Barahona (2017) es un “proceso integral que une las actividades de inspección y evaluación de puentes con las necesidades de la comunidad y con las fuentes de financiación, para planificar, priorizar, financiar y procurar la operación, el mantenimiento, la rehabilitación, mejora y sustitución de los activos de puentes existentes”.

Los Sistemas de Gestión de Puentes (SGP) de acuerdo con Murillo Madrigal y Castillo Barahona (2017) son programas informáticos que permiten a los profesionales en el área el procesamiento de la información recopilada por los mismos para la administración de estas estructuras. A partir de la colaboración por parte de la Agencia de Cooperación del Japón (JICA) se desarrolló un SGP para Costa Rica denominado como Sistema de Administración de Estructuras de Puentes (SAEP). Este funciona a partir de una base de datos de puentes existentes los cuales pasaron por el proceso de inspección, el programa se encarga de procesar la información y generar salidas de información como: evaluación de las deficiencias de los puentes, priorización de las intervenciones y estimación de los costos asociados a las intervenciones.

Hay otros países con Sistemas de Gestión de Puentes como es el caso de España, posee un Sistema de Gestión y Mantenimiento de puentes de la Red de Carreteras del Estado, dentro del programa se realiza la clasificación según la luz del puente y por tipo de estructura. Con respecto a la información proporcionada por el Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (2021), cada 15 meses se realizan inspecciones básicas en todas las estructuras para observar daños y evaluar su nivel, además, se realizan inspecciones principales cada 5 años para las estructuras con una luz superior a 3 metros, su finalidad es una inspección visual exhaustiva y de elementos auxiliares sencillos, en caso de ser un puente mayor a 300 metros se emplea un dron. Las inspecciones especiales no son periódicas y se realizan alrededor de 120 por año, su objetivo es definir con detalle los daños y elaborar un Plan de mantenimiento. Por año se consume 4 millones de euros en realizar las inspecciones principales y las inspecciones especiales.

Dentro del Departamento de Transportes de Estados Unidos, en el cual Federal Highway Administration (2022) promueve el uso y comprensión de las tecnologías de recopilación de datos y los sistemas de gestión de puentes. Dentro de la documentación importante se encuentra la legislación del Código de Estados Unidos, la regulación de Especificaciones para el Inventario Nacional de Puentes y guías para el programa de Rehabilitación y Sustitución de Puentes y el procedimiento de cálculo para las condiciones de los puentes. Así mismo, también se tiene a disposición un Taller de tres días sobre Sistemas de Gestión de Puentes (SGP) el cual abarca cómo funcionan en general los SGP.

Figura 11. Sistema de Gestión de Puentes

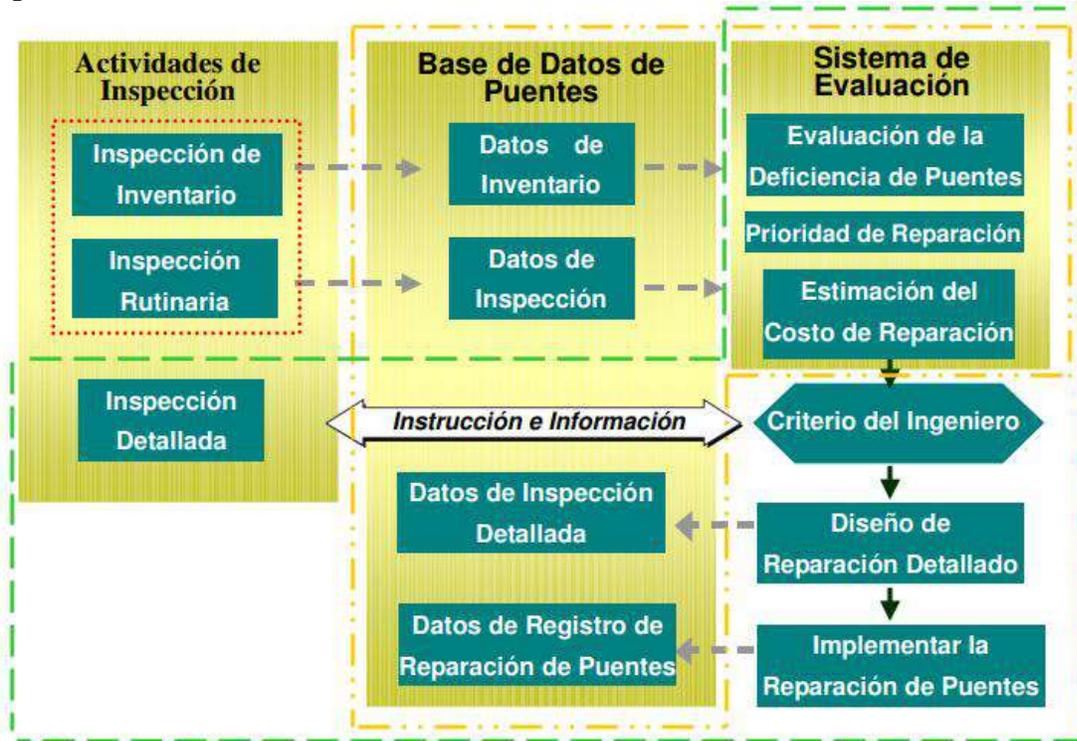


Figura 1-1 Actividades de Mantenimiento de Puentes y Flujo de Información

- Actividades a realizar por los inspectores
- Actividades a realizar por los ingenieros
- Actividades del sistema de cómputo

Fuente: Ministerio de Obras Públicas y Transportes, 2007

eBridge

El Tecnológico de Costa Rica dentro de sus grupos de investigación cuenta con uno especializado en puentes, se llama eBridge, se encarga de realizar inspecciones a estas estructuras para predecir fallas en los puentes. A través del programa se logró generar un inventario de los puentes del país para conocer su estado. Las inspecciones se deben actualizar cada dos años para mantener vigente la información sobre el estado de la estructura.

En el 2021 la Municipalidad de Cartago contrató los servicios de eBridge con la finalidad de contar con un inventario del estado de los puentes del cantón actualizados. A partir de la información recopilada se puede realizar un análisis sobre las intervenciones por realizar y su prioridad por estructura.

Evaluación de puentes

Los puentes se pueden calificar mediante la condición estructural. Los autores Ortiz Quesada et al. (2021) propusieron un Índice de Condición Estructural, también conocido como BCI por su acrónimo en inglés. Su finalidad es generar un indicador a partir de los daños en accesorios, superestructura y subestructura. Se le otorga un peso ponderado de 5% a daños en accesorios, 45% en daños en superestructura y 50% en daños en subestructura, el resultado corresponde al BCI. Se aclara que la escala valores utilizada en este índice fue propuesta específicamente para su uso en Costa Rica.

A partir de este indicador se puede decidir el tipo de intervención a realizar a la estructura, como se observa en el cuadro 1.

CUADRO 1. PUNTAJE DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN ESTRUCTURAL	
Puntaje	Tipo de Intervención
1-2	Mantenimiento rutinario
2-3	Mantenimiento correctivo
3-4	Mantenimiento correctivo o rehabilitación
> 4	Rehabilitación o sustitución

Red Vial Nacional y Red Vial Cantonal

En Costa Rica las vías se dividen en nacionales y cantonales. Las primeras son el conjunto de carreteras nacionales las cuales le corresponde al Ministerio de Obras Públicas y Transporte administrar. La Red Vial Cantonal son las calles y caminos públicos que no forman parte de la Red Vial Nacional y es responsabilidad de la municipalidad del cantón su administración.

A partir del año 1998 mediante la Ley de Creación del Consejo de Vialidad (CONAVI) como órgano adscrito al Ministerio de Obras Públicas y Transporte, se le atribuye la construcción y conservación de las carreteras, calles de travesía, pares viales y puentes de la Red Vial Nacional, además tener la capacidad para administrar el Fondo de la Red Vial Nacional. Mediante la Ley Especial para la Transferencia de Competencias: Atención Plena y Exclusiva de la Red Vial Cantonal se le transfiere a las municipalidades la atención de la Red Vial Cantonal, por lo tanto se deben encargar de “planear, programar, diseñar, administrar, financiar, ejecutar y controlar su construcción, conservación, señalamiento, demarcación, rehabilitación, reforzamiento, reconstrucción, concesión y operación, de conformidad con el plan vial de conservación y desarrollo (quinquenal) de cada municipio”.

En el 2021 se promulgó una ley para permitir al CONAVI intervenir dentro de la Red Vial Cantonal. Sólo hay dos casos en los cuales puede permitirse su participación, el primero es en caso de que para garantizar la funcionalidad sea indispensable la intervención del CONAVI y el otro es en caso de verse afectada una ruta cantonal por la ejecución de un proyecto dentro de una ruta nacional.

Capítulo 2: Metodología

Con el fin de generar una guía de intervenciones para puentes aplicable al cantón de Cartago se requirió cumplir con los objetivos planteados mediante las actividades propuestas. Para esto se utilizó los datos proporcionados por el Programa de Evaluación de Estructuras de Puentes del Centro de Investigación en Vivienda y Construcción del Tecnológico de Costa Rica.

Objetivo 01: Analizar los puentes del cantón de Cartago según su Índice de Condición Estructural.

Inicialmente se procesó los informes de inspección brindados por el Centro de Investigación en Vivienda y Construcción sobre los cuarenta y cinco puentes del cantón de Cartago, se extrajo los datos más relevantes para el proyecto de los cuales se les realizó un análisis a partir del material de la estructura, longitud del puente, los indicadores empleados por el Programa de Evaluación de Puentes y se le dio más relevancia al Índice de Condición Estructural para realizar una clasificación preliminar para intervenir las estructuras. Además, se realizó un análisis de las alarmas en los componentes de superestructura, subestructura y apoyos y se comprobó el estado de los componentes de seguridad.

Objetivo 02: Investigar métodos de intervención en estructuras de puentes.

Se consultaron diferentes fuentes bibliográficas mediante el uso de navegadores de internet para buscar información sobre métodos de intervención específicamente para estructuras de puentes. Se consiguieron fuentes internacionales y fuentes nacionales para construir un estado del arte que reúna la información sobre su investigación para facilitar al lector fundamentos sobre métodos de preservación de puentes.

Objetivo 03: Categorizar los puentes del cantón de Cartago por tipo de intervención.

Para categorizar los puentes por priorización de intervención se utilizó el Índice de Condición Estructural y las alertas brindadas por el Programa de Evaluación de Puentes. Se empleó una escala del cero a cien distribuido de la siguiente manera, al Índice de Condición Estructural se le asignó 85 puntos para un BCI de 5, este mismo tiene una relación lineal para BCI menores a 5. A las alertas se les asignó 15 puntos los cuales corresponden a 3 alertas en la estructura, por lo tanto, cada alerta tiene un valor de 5 puntos. A partir de la suma de los dos rubros anteriores se les otorgó a los puentes su posición de priorización para la intervención.

Tomando en consideración el Índice de Condición Estructural se clasificó los puentes y se les colocó la intervención de acuerdo con el BCI, sin embargo, mediante la revisión de los informes de inspección se discernió entre algunos que entraban dentro de dos categorías de intervención para dar una recomendación sobre cuál es mejor en cada caso.

Con todos estos datos recopilados, se procedió a la búsqueda, por medio de bases de datos, como el Sistema Integrado de Compras Públicas (SICOP), los precios unitarios correspondientes a los materiales

y las actividades de intervención de puentes. Se utilizó como base el presupuesto de la “Reconstrucción del puente sobre el Río Ciruelas en la comunidad de Calle El Urbano, Guácima - San Antonio”, hecha por la Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias y Municipalidad de Alajuela (2022) y cuyo cartel de licitación se publicó en el SICOP el 23 de octubre de 2022 para el caso de los costos unitarios de los materiales. En el caso de las actividades de intervención de puentes, se utilizó como referencia las actividades mencionadas en el documento del presupuesto “Mantenimiento según demanda” de la Municipalidad de El Guarco y los documentos mencionados en el estado del arte correspondientes a Gutiérrez Solís, P. & Salazar Brenes, K. (2019, diciembre) y Ortiz Quesada, G., & Winiker Pérez, T. (2022).

Finalmente se realizaron dos cuadros para la sección de los precios unitarios, una para los materiales y otra para las actividades de intervención de puentes. En el primer cuadro se ubicaron los materiales necesarios para una intervención de estructuras de puentes, en donde se mencionó su código de identificación, su renglón de pago de acuerdo con el documento CR-2020 del Ministerio de Obras Públicas y Transportes (2020) y su precio unitario en moneda costarricense (colones). Por último, para el caso de las actividades de intervención de puente, se colocó en un cuadro, cada una de las actividades por tipo de intervención con su respectivo código de identificación, unidad de medida y precio unitario en moneda costarricense (colones).

Objetivo 04: Proponer una guía de intervención general para todos los puentes del cantón de Cartago.

Para este objetivo, se redactó una lista de actividades correspondientes a cada uno de los tipos de intervención propuestos. Se omitió la sustitución de esta lista, ya que el mismo no posee actividades recurrentes en diferentes puentes y requiere de estudios y actividades específicas para cada puente que presente esta intervención. Por lo tanto, se optó por la realización de un cuadro con todas las actividades por tipo de intervención, con su respectivo código, unidad y descripción. Se tomo como base para este cuadro, los documentos del estado del arte correspondientes a Gutiérrez Solís, P. & Salazar Brenes, K. (2019, diciembre) y Ortiz Quesada, G., & Winiker Pérez, T. (2022). Además, se utilizó como referencia, las actividades mencionadas en el documento del presupuesto “Mantenimiento según demanda” de Piedra y Ureña Asesores Financieros y Constructores S.A. y Municipalidad de El Guarco (2021).

A partir de esta lista de actividades, y tomando diferentes partes realizadas en este documento, se realizó una guía de intervención general para todos los puentes del cantón de Cartago, el cual se incluye en la sección de apéndices de este trabajo. El mismo contiene el alcance de la guía, marco teórico del trabajo, una pequeña explicación de los tipos de intervención, la intervención recomendada para cada estructura, el plan decenal para la realización de las intervenciones, las actividades de intervención, los costos unitarios de estas y su correspondiente bibliografía.

Objetivo 05: Establecer un plan de intervención específico para dos estructuras de puentes del cantón de Cartago.

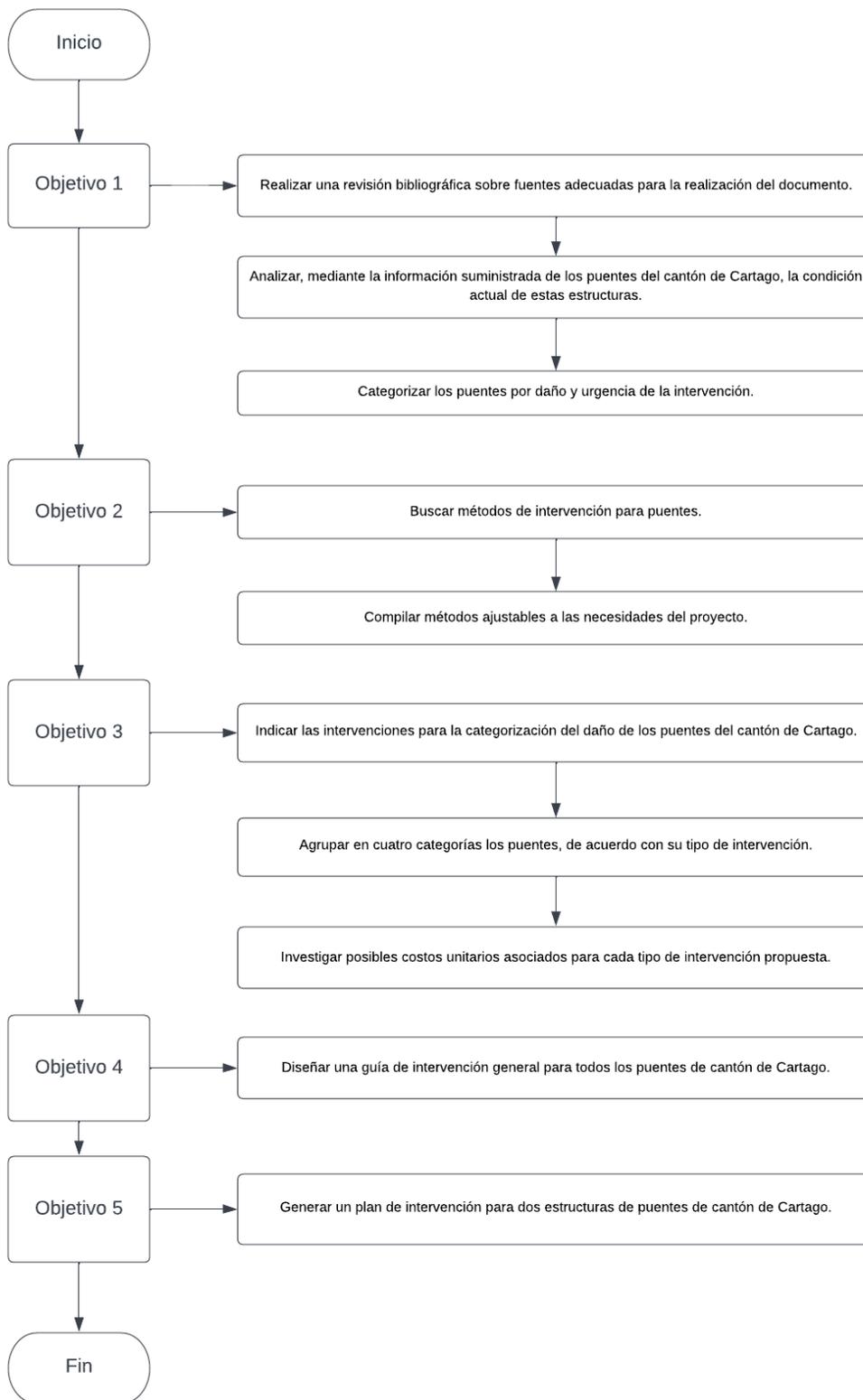
Para el último objetivo, tomando en cuenta la información recopilada en las secciones anteriores, se realizó un plan de intervención para dos puentes del cantón central de Cartago. Para ello se escogieron dos estructuras, las cuales fueron los puentes código MCAR029 Y MCAR034, los cuales representan dos tipos de intervención diferentes, mantenimiento rutinario y mantenimiento correctivo respectivamente.

Para este plan se utilizó como base Informe de Inventario e Inspección Visual de Daños de los dos puentes del Programa de Evaluación de Estructuras de Puentes del Tecnológico de Costa Rica. Es por ello por lo que para cada estructura se realizaron tres cuadros. En el primero se expone la información básica de cada puente, como su ubicación elementos básicos y servicios públicos que pasan por la estructura. En el

segundo cuadro, se hace un resumen de los daños constatados para cada puente, así como la ubicación del daño en cada elemento de las estructuras, su grado de daño y una descripción de cada uno de estos daños. Y, en el último cuadro, se muestra el plan de intervención para cada puente en cuestión, en donde se menciona una lista de actividades de intervención sugeridas. Además, se coloca para cada actividad, su código de identificación, su unidad de medida y el precio unitario estimado, sacado directamente del objetivo 03 de este documento.

Por último, para completar este objetivo, en el apéndice se adjunta el documento correspondiente al plan de intervención de dos puentes del cantón de Cartago. Este trabajo cuenta con las siguientes secciones como el alcance de este y, para cada puente, se colocaron tres cuadros correspondientes a la información de este, los daños constatados en el informe de la inspección visual y la lista de actividades de intervención para cada estructura con su respectivo precio unitario estimado. Además, se incluye para cada puente, el tiempo estimado de duración de las obras y su costo estimado en dólares, de acuerdo con el Centro de Investigación en Vivienda y Construcción (CIVCO).

Figura 12. Flujograma de la metodología



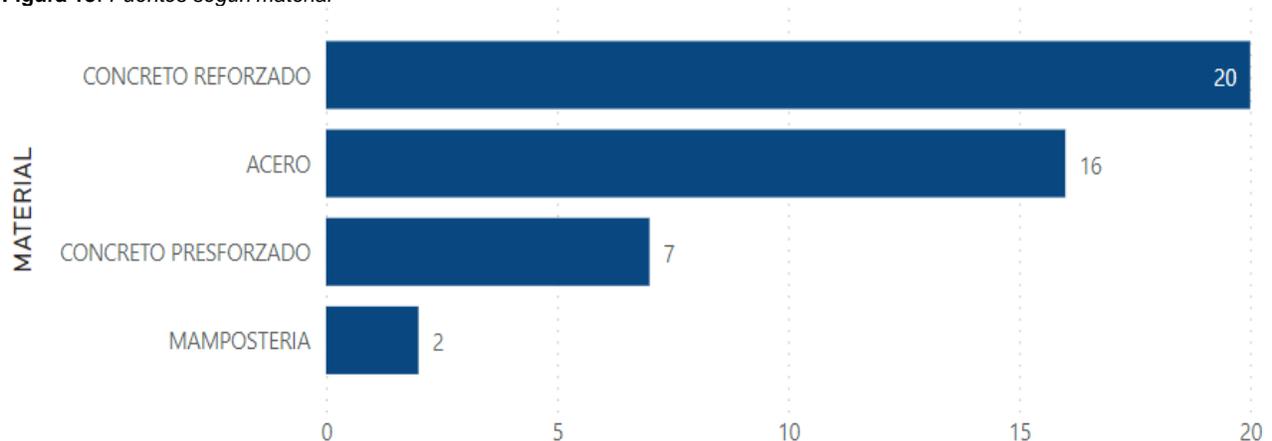
Capítulo 3: Resultados y análisis de resultados

Objetivo 01: Analizar los puentes del cantón de Cartago según su Índice de Condición Estructural

Para la realización de esta sección, se mencionarán y analizarán los resultados obtenidos en el Inventario de Puentes del cantón central de Cartago. El mismo se realizó en el año 2021, por parte del Programa de Evaluación de Estructuras de Puentes (PEEP), del Centro de Investigaciones en Vivienda y Construcción (CIVCO) y cuenta con información detallada sobre el estado actual de los cuarenta y cinco puentes pertenecientes a la Red Vial Cantonal del cantón de Cartago. Además, aborda temas como la clasificación de los puentes mediante indicadores, estado de los elementos de seguridad vial, alertas en puentes y la información correspondiente a cada uno de los puentes.

Para conocer el estado actual de los puentes, se necesita entender como son los puentes próximos por analizar. Para ello, uno de los elementos a examinar es el material usado para la construcción de estos, ya que, al saber este dato, se puede encontrar la mejor manera de hacer un mantenimiento, rehabilitación o sustitución. En la siguiente figura se muestran los puentes según su material.

Figura 13. Puentes según material



Fuente: CIVCO, 2021

Con respecto a la figura anterior, podemos apreciar la existencia de veinte puentes construidos con concreto reforzado, dieciséis que fueron realizados con acero, siete con construcción de concreto presforzado y, por último, dos puentes en donde su material constructivo fue la mampostería.

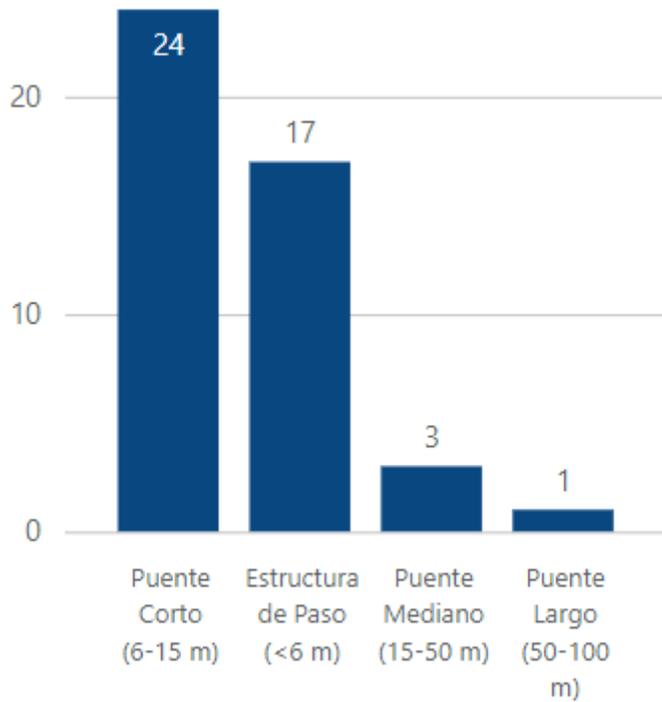
También se incluyó en el inventario, otros dos datos a nivel estructural que serán de ayuda para entender el comportamiento de los puentes, los cuales corresponden a la longitud de la estructura y el tipo de estructura. Estos rubros ayudaran a obtener la mejor manera de realizar una intervención en estos puentes. En las siguientes dos figuras se muestran los datos obtenidos.

Figura 14. Puentes según estructura



Fuente: CIVCO, 2021

Figura 15. Puentes según longitud



Fuente: CIVCO, 2021

Conforme a la figura 14 se obtiene que, cuarenta y dos de las estructuras inspeccionadas, se consideran puentes y, solo tres de estas, se consideran alcantarillas. Además, de acuerdo con la figura 15, veinticuatro

de las estructuras se clasifican como puentes cortos, ya que su longitud abarca entre los 6 a 15 metros, diecisiete se consideran puente de paso con una longitud menor a los 6 metros, tres se pueden especificar como puentes medianos debido a su longitud de entre 15 a 50 metros y, por último, solo una estructura está clasificada como puente largo, ya que su longitud abarca entre los 50 a 100 metros.

Como se mencionó anteriormente, para realizar el análisis del estado de los puentes, el CIVCO (2021) empleó cinco indicadores, esto con el fin de catalogar los mismos de la mejor manera posible. Los indicadores corresponden a Bridge Health Indicator (BHI), Bridge Condition Indicator (BCI), Seismic Condition Indicator (SCI) y Hydrometeorological Condition Indicator (HCI) y Socioeconomic Indicator (SEI). Los cuales consideran la salud del puente, la condición estructural actual, rendimiento ante sismos, rendimiento ante condiciones hidrometeorológicas y un indicador socioeconómico respectivamente.

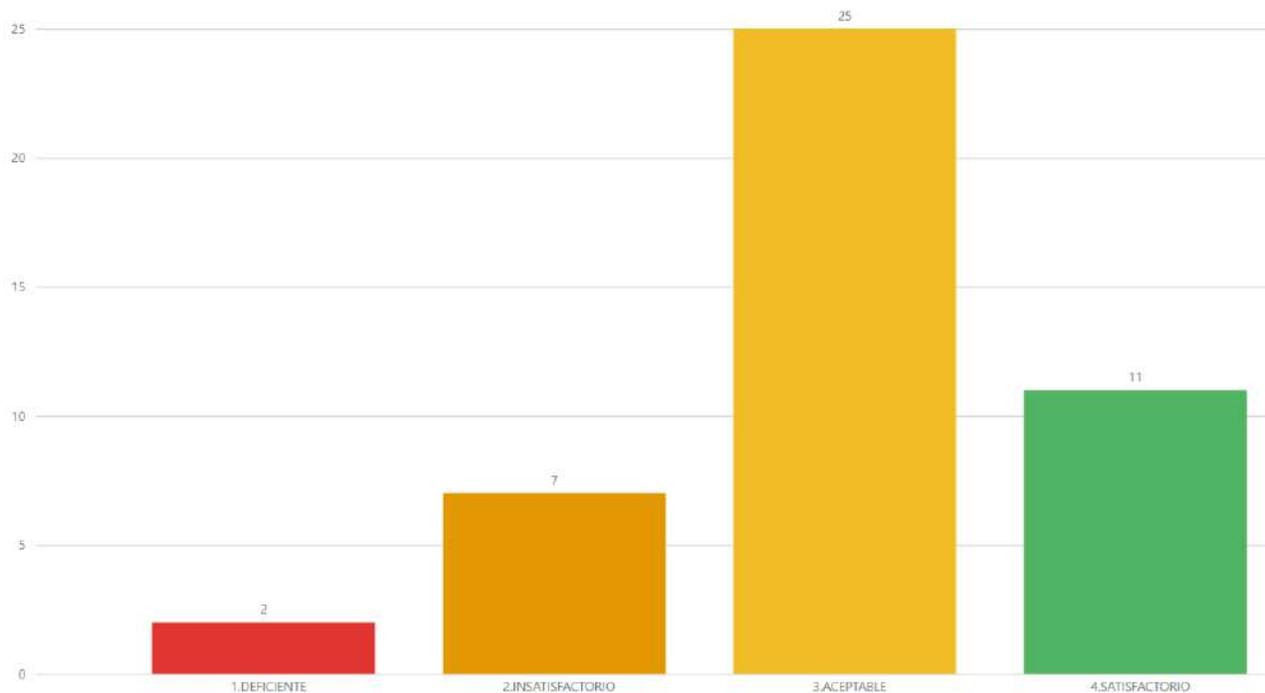
Para el análisis de resultados de este trabajo, se utilizará indicador de Bridge Condition Indicator (BCI) o en español Índice de Condición Estructural. Este indicador fue elegido ya que nos brinda información concerniente al estado estructural de los puentes con lo cual se proporciona los datos necesarios para elaborar un correcto análisis de los estados actuales de los puentes y definir las intervenciones a realizar y su priorización. A continuación, se muestra en el cuadro 2 y la figura 16, la clasificación de los puentes obtenido mediante el puntaje BCI calculado para cada uno de ellos.

CUADRO 2. CLASIFICACIÓN DE PUENTES SEGÚN BCI			
Clasificación	Código	Nombre del Puente	Puntaje BCI
1	MCAR044	QUEBRADA SIN NOMBRE	4,13
2	MCAR040	RIO TOYOGRES	4,01
3	MCAR035	QUEBRADA CAIDA	3,41
4	MCAR020	RIO SANTA ELENA	3,23
5	MCAR014	QUEBRADA NORBERTA	3,16
6	MCAR004	QUEBRADA INTERMITENTE	3,14
7	MCAR010	RIO TARAS	3,04
8	MCAR024	RIO CONEJO	3,02
9	MCAR016	QUEBRADA INTERMITENTE	3,01
10	MCAR001	RIO CABRERA	2,82
11	MCAR038	QUEBRADA SANATORIO	2,81
12	MCAR031	RIO BLANQUILLO	2,77
13	MCAR034	RIO TOYOGRES	2,71
14	MCAR041	RIO SAN NICOLAS	2,71
15	MCAR007	RIO TARAS	2,7
16	MCAR013	RIO TARAS	2,7
17	MCAR009	RIO TARAS	2,67
18	MCAR012	RIO TARAS	2,61
19	MCAR021	RIO SANTA ELENA	2,6
20	MCAR032	RIO NAVARRO	2,55
21	MCAR043	QUEBRADA SIN NOMBRE	2,52
22	MCAR026	RIO CONEJO	2,49
23	MCAR046	QUEBRADA SANATORIO	2,48
24	MCAR028	QUEBRADA MOLINA	2,47
25	MCAR011	RIO TARAS	2,43
26	MCAR019	RIO CHIQUITO	2,37
27	MCAR006	QUEBRADA ALAJUELA	2,35
28	MCAR045	QUEBRADA SIN NOMBRE	2,34
29	MCAR008	RIO TARAS	2,3
30	MCAR015	QUEBRADA INTERMITENTE	2,21
31	MCAR036	RIO REVENTADO	2,19

CUADRO 2. CLASIFICACIÓN DE PUENTES SEGÚN BCI			
Clasificación	Código	Nombre del Puente	Puntaje BCI
32	MCAR017	RIO ARRIAZ	2,18
33	MCAR033	RIO AGUA CALIENTE	2,15
34	MCAR042	QUEBRADA SIN NOMBRE	2,08
35	MCAR037	QUEBRADA ORTIGA	2
36	MCAR022	RIO SAN LORENZO	1,96
37	MCAR023	RIO ALUMBRE	1,94
38	MCAR025	QUEBRADA SIN NOMBRE	1,91
39	MCAR003	QUEBRADA SIN NOMBRE	1,89
40	MCAR030	RIO BARQUERO	1,71
41	MCAR029	RIO TOYOGRES	1,68
42	MCAR027	QUEBRADA MOLINA	1,58
43	MCAR018	QUEBRADA FIERRO	1,55
44	MCAR039	QUEBRADA RODEO	1,42
45	MCAR005	RIO REVENTADO	1,18

Fuente: CIVCO, 2021

Figura 16. Clasificación de las estructuras según el índice BCI



Fuente: CIVCO, 2021

Como se mencionó en la sección del marco teórico, el índice BCI, posee un puntaje del 1 al 5, en donde 1 es el mejor resultado posible y 5 el peor resultado posible. Es por ello por lo que, en el cuadro anterior, se pueden obtener varios datos de suma importancia sobre el estado actual de los puentes. En primer lugar, se puede extraer de este, la existencia de dos puentes con la necesidad de una intervención urgente. Estos corresponden a los puentes MCAR044 y MCAR040, esto debido a que su número estructural BCI oscila entre 4 y el 5, con lo cual, de acuerdo con el indicador BCI, sugiere la realización una intervención urgente en los puentes de tipo sustitución o rehabilitación.

Además, se detecta que conforme al Índice de Condición Estructural (BCI) hay siete puentes necesitados de una intervención importante. Esto como resultado de que su número estructural BCI oscila entre 3 y el 4, con lo cual se incita a realizar una intervención importante en los puentes de tipo rehabilitación o mantenimiento correctivo.

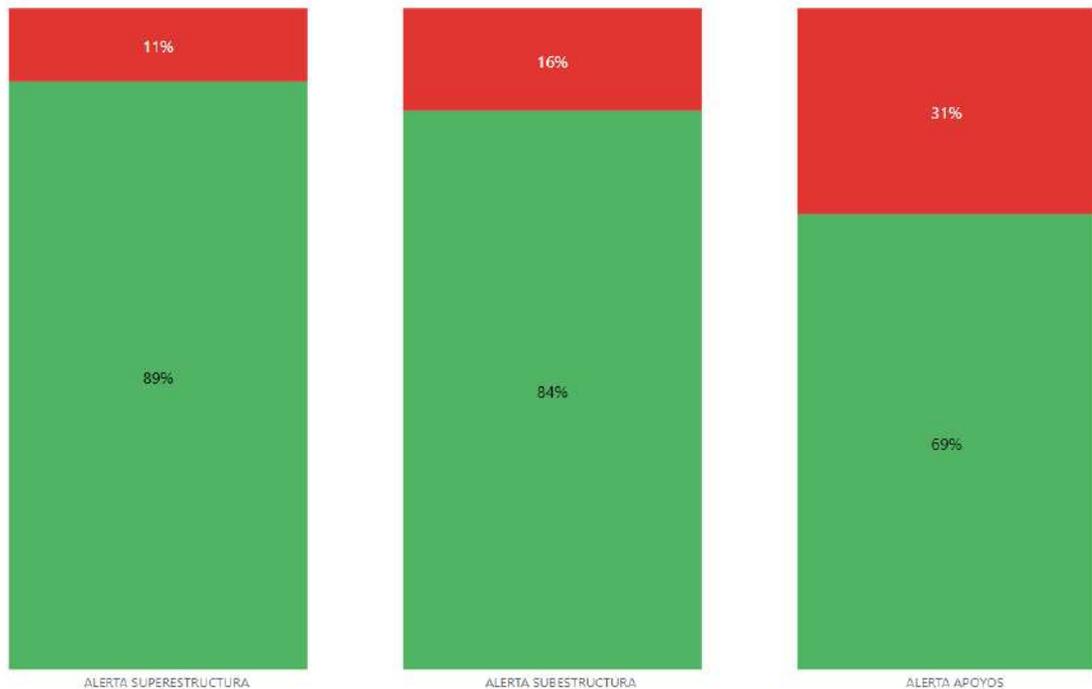
También, se dispone, de acuerdo con el Índice de Condición Estructural obtenido, se hallan veinticinco puentes que necesitan una intervención de tipo no urgente. Esto como consecuencia que su número estructural oscila entre 2 y el 3, por lo que se aconseja realizar una intervención en los puentes de tipo mantenimiento correctivo.

Seguidamente, se resuelve, conforme al cuadro anterior y al resultado del Índice de Condición Estructural, existen once puentes que poseen una condición estructural saludable. Esto debido a que su número estructural oscila entre 1 y el 2, con lo cual se recomienda realizar de manera periódica una intervención en los puentes de tipo mantenimiento rutinario.

Otro dato de suma importancia obtenido en el inventario es de las alarmas de los puentes. Estas alertas tienen el propósito de indicar la necesidad de la realización intervenciones urgentes para solventar las situaciones, las cuales comprometen la integridad de un puente. En la siguiente figura, se muestra las alertas en los puentes de acuerdo con su estado actual.

Figura 17. Alertas en los puentes

● NO ● SI



Fuente: CIVCO, 2021

Según lo interpretado en la figura 17 sólo un 11% de los puentes del cantón de Cartago tienen alertas en la superestructura. En los datos obtenidos se incluye el puente MCAR015 por tener vigas inadecuadas, el puente MCAR019 por estar construido sobre estructura que se considera vieja, los puentes MCAR024 y MCAR026 por utilizar un chasis de camión y el puente MCAR040 por pérdida de confinamiento en arco.

Posteriormente se encuentra la alerta en la subestructura, la cual posee un pequeño aumento en la cantidad de puentes representados. Las estructuras contenidas dentro de esta categoría corresponden a los puentes MCAR032 y MCAR036, los cuales poseen una zona de fundación inadecuada, el puente MCAR035 por ampliaciones de la estructura inadecuada, los puentes MCAR004 y MCAR037 por emplear gaviones como subestructuras, el puente MCAR041 por tener una sección hidráulica insuficiente y el puente MCAR040 por pérdida de confinamiento en bastión.

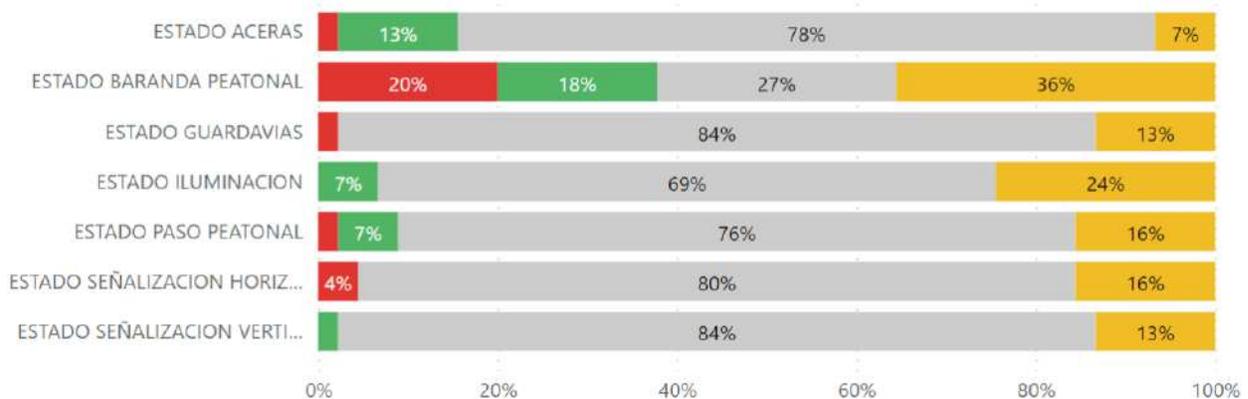
Por último, las alertas en los apoyos de los puentes son las que representan mayor recurrencia en los resultados obtenidos, siendo en la falta de elementos en apoyo el motivo con mayor reiteración. La misma está presente en los puentes MCAR001, MCAR008, MCAR009, MCAR011, MCAR013, MCAR014, MCAR015, MCAR017, MCAR024, MCAR026, MCAR032, MCAR041. Además, el puente MCAR003 no posee una restricción de desplazamiento y el puente MCAR040 tiene la zona de apoyo desestabilizada.

Algunos otros resultados procesados son que la estructura MCAR040, al ser el segundo puente con mayor prioridad con respecto al índice BCI, posee alertas en las tres categorías y que los puentes MCAR41, MCAR024 y MCAR026 poseen alertas en dos categorías.

El inventario, además, muestra otro factor de suma significancia para evaluar el estado de los puentes y este se refiere al estado de los componentes de seguridad vial. Estos elementos corresponden a todo aquello que tenga que ver con la seguridad de los conductores y los peatones, como aceras, baranda peatonal, guardavías, iluminación, paso peatonal, señalización horizontal y señalización vertical. En la siguiente figura, se muestran los resultados obtenidos en este rubro.

Figura 18. Estado de los componentes de seguridad

● DEFICIENTE ● EXCELENTE ● NO EXISTE ● REGULAR



Fuente: CIVCO, 2021

Como se observa en la figura anterior, se evidencia en la mayoría de los puentes, no existen componentes de seguridad o se encuentra en un estado regular o deficiente. Los elementos que más presentan problemas son los guardavías y la señalización vertical, los cuales no están presente en el 84% de los puentes, 13% se encuentra de una manera regular y, en el caso de los guardavías, un 2% está de manera deficiente.

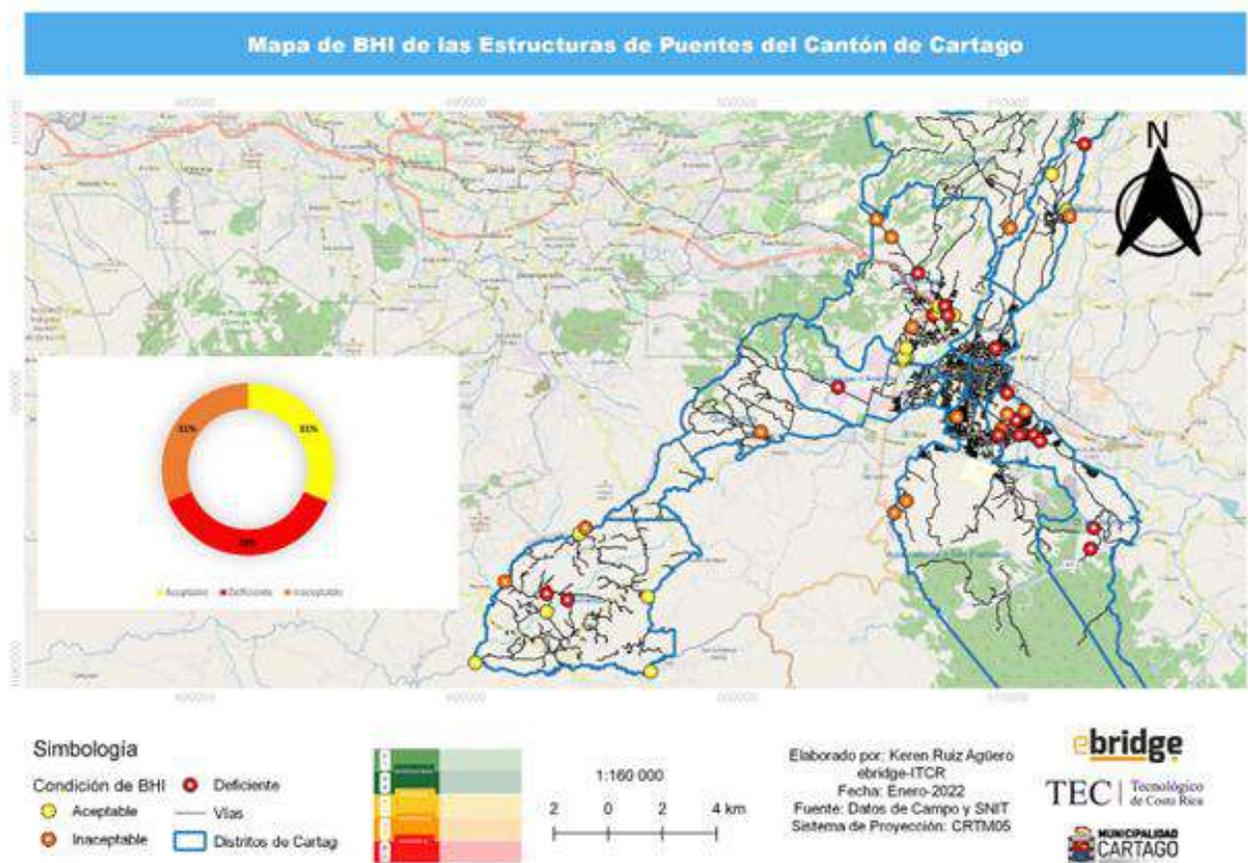
En el caso de la señalización horizontal, esta no está presente en el 80% de los puentes, un 4% se encuentra de manera deficiente y solo un 16% se encuentra de una manera regular. Si se habla de las aceras no existen en un 78% de los puentes, en un 2% presentan deficiencia en este ámbito, un 7% poseen una calificación de deficiente y, por último, solo un 13% de los puentes cuentan con una calificación de excelente. En cuanto a los pasos peatonales, estos no existen en un 76% de los puentes, un 16% tienen deficiencias en este aspecto, un 2% tiene una calificación de deficiente y solo un 7% de las estructuras se consideran en excelentes condiciones.

En el tema de iluminación, se tiene que, un 69% de los puentes cuentan con iluminación inexistente, un 24% con iluminación regular y 7% con iluminación excelente. Y, por último, las barandas peatonales, el cual es el elemento que posee un mejor desempeño en los puentes, no existen en un 27% de los puentes, en un 20% se encuentra en deficiente estado, 36% lo posee de una manera regular y un 7% tienen barandas en excelentes condiciones.

Todos estos resultados indican la necesidad de mejorar las condiciones de seguridad en los puentes, ya que, como se mencionó anteriormente, la mayoría de los puentes no posee uno o varios elementos de seguridad. Esto es de suma importancia, debido a que estos componentes son necesarios para la seguridad de los conductores y peatones, y la no existencia de estos puede provocar que se produzcan accidentes que puedan herir a los usuarios de estos puentes.

Por último, otro elemento que incorpora este inventario son los informes técnicos de las inspecciones realizadas a cada puente. En los mismos se indica, el estado actual del puente, su ubicación exacta, fallas detectadas en la estructura como grietas, elementos faltantes, fisuras y fotos que evidencian como se encontraba la estructura al momento de ser inspeccionada. Esto será de gran utilidad en este documento, ya que indicará que se necesita corregir en cada puente. A continuación, se muestra un mapa de la ubicación de los puentes inspeccionados en el inventario, de acuerdo con el índice BHI.

Figura 19. Mapa de las estructuras de puentes del cantón de Cartago, de acuerdo con el índice BHI



Fuente: CIVCO, 2021

Objetivo 02: Investigar métodos de intervención en estructuras de puentes

Para la realización de una intervención de un puente, es necesario conocer sobre los diferentes métodos existentes para lograr este objetivo. Es por ello por lo que, en este trabajo, se analizarán diferentes fuentes bibliográficas, en donde se investigarán diferentes tipos de intervenciones de conservación y mantenimiento realizados en diferentes puentes y con esto encontrar el mejor método posible que se pueda adaptar a nuestras necesidades.

Para ello, se realizará un estado del arte en donde se tomarán diferentes fuentes que se agrupan en dos tipos principales: las bibliografías internacionales y las bibliografías a nivel nacional. A continuación, se estará presentando un resumen con los principales datos de cada referencia bibliográfica utilizada.

Fuentes Internacionales

1. Medidas eficientes en la conservación de puentes

Los ingenieros Matute, L y Pulido, I, participaron en el VI Congreso Nacional de la Ingeniería Civil en el 2012, en ese momento su tema fue Medidas Eficientes en la Conservación de Puentes, basado en España. Su fin era promover la conservación sistematizada del patrimonio concretamente sobre los puentes de España.

Iniciaron realizando una recopilación de los datos de diferentes inventarios de varios organismos y publicaciones para obtener los datos concretos y actualizados del patrimonio de las obras públicas lineales. De esto lograron identificar 17 500 estructuras superior a 10 metros de longitud y 18 500 obras con una longitud menor a 10 metros.

Posteriormente identificaron las patologías más habituales que se pueden presentar en este tipo de estructuras. Numeraron 8 daños más presentes en los puentes muestreados, los cuales son daño en cimentaciones por socavación, corrosión, daño en apoyos, daño en juntas de expansión, problemas de drenaje e impermeabilización, problemas de gálibo, daños de muros de suelo reforzado y daño en sistemas de contención.

Los autores finalizan con una serie de medidas preventivas de conservación. En el cual se destaca la importancia de tomar en cuenta el mantenimiento desde las fases de planeamiento y ejecución del proyecto. Al entrar a la fase de operación resulta vital realizar un mantenimiento y seguimiento periódico para asegurar el estado del puente y anticiparse a daños. También indican cuales medidas de conservación específica se pueden aplicar para aumentar la vida útil de los componentes.

En conclusión, es un texto de nivel básico para comprender sobre los daños o patologías en los puentes y para entender sobre cómo se debe proceder ante estos mismos mediante una serie de recomendaciones.

2. Manual para Conservación de Puentes y Estructuras Similares (2018)

El Manual para Conservación de Puentes y Estructuras Similares (2018) de la Dirección General de Servicios Técnicos de la Secretaría de Comunicaciones y Transporte de México es, como su nombre lo indica, un manual en donde se detallan los diferentes procedimientos para una correcta conservación de las estructuras de puentes presentes en la república mexicana. El mismo se utiliza a nivel del gobierno federal y estatal mexicano.

En este documento se indica un breve resumen de la situación de la infraestructura vial mexicano, en donde, se señala los antecedentes y la problemática actual de los puentes, la problemática en cuanto a la conservación de puentes y los responsables encargados de estas obras, a nivel de gobierno federal, estatal y municipal mexicano.

También nos introduce a un marco teórico, en donde se ubica la terminología y conceptos de la conservación de puentes. Además, se presenta un completo análisis de la patología que poseen los diferentes materiales de construcción de los puentes. Adicional a esto, se denota un catálogo de daños que están presentes en las diferentes partes de una estructura de un puente.

Seguidamente este manual nos denota los procedimientos a utilizar para la conservación rutinaria, periódica, reconstrucción o reforzamiento. En este se menciona los procesos para la conservación de las diferentes partes de los puentes como lo son la superestructura, la subestructura, cimentación, dispositivos de apoyo, accesos y superficies de rodamiento.

También, este informe, no solo nos muestra los procedimientos de conservación, sino que da recomendaciones para la selección del tipo de conservación a utilizar en un puente en específico. Además, nos indica las acciones urgentes que se pueden realizar para una conservación correcta de una estructura.

En conclusión, este trabajo nos indica, de manera completa, los procedimientos utilizados para la correcta conservación de estructuras de los puentes presentes en el país de México. A parte de proporcionar estos datos, nos señala información necesaria para la correcta selección del tipo de conservación a realizar en un puente en específico, dependiendo de su daño y material de construcción.

3. Bridge Preservation Fundamentals

Entre la bibliografía, uno de los trabajos más completos es el "Bridge Preservation Fundamentals" desarrollado por el "National Highway Institute" ubicado en Estados Unidos de América y su última

publicación se remonta al año 2019. La misma trata sobre un curso con el que se le brindan las herramientas necesarias al usuario para adquirir la capacidad de realizar su propio programa de preservación de puentes.

El curso se divide en seis lecciones en las que se amplía el tema tratado y al finalizar se realiza una evaluación para comprobar la comprensión de la información. En la primera lección se enfoca en las definiciones y terminología, al finalizar la lección se espera que el usuario sea capaz de definir los trabajos para la preservación de puentes y trabajos afines como el mantenimiento preventivo y cíclico, mantenimiento preventivo sistemático, rehabilitación y reparaciones a los puentes y sus componentes, así mismo pueda diferenciar entre reemplazo y preservación e identificar los componentes claves para crear un programa efectivo de preservación de puentes (National Highway Institute, 2019)

La segunda lección abarca los beneficios de una preservación oportuna del puente y las consecuencias por postergar el mantenimiento. La finalidad es poder identificar principalmente los beneficios de un programa de preservación de puentes y las consecuencias de no realizar las actividades de mantenimiento a tiempo, así como, realizar una transición de programas reactivos a proactivos.

A partir de la tercera lección se discute sobre las prácticas y actividades para la preservación de los componentes de los puentes. En esta lección se aborda el tema de la losa. Su objetivo es poder brindar las herramientas para identificar las actividades y prácticas para el mantenimiento preventivo de la losa. Además, realizar pruebas no destructivas y destructivas para la evaluación de la toma de decisiones. Es la lección más larga con una duración aproximada de 110 minutos.

En la cuarta lección se encuentran las actividades y prácticas para la preservación de la superestructura. Al igual que la lección anterior se quiere identificar las actividades para el mantenimiento preventivo, pero en este caso de la superestructura, además, se le suma las actividades de rehabilitación. La quinta lección trata sobre las actividades y prácticas para la preservación de la subestructura, sus actividades se basan en mantenimiento preventivo y rehabilitación.

La sexta lección abarca las actividades y prácticas para los puentes de alcantarilla y los de marco rígido. Al finalizar la persona debería ser capaz de identificar las actividades de mantenimiento y rehabilitación y los factores asociados a su implementación.

En síntesis, el curso de Bridge Preservation Fundamentals es una bibliografía muy completa, con información útil para realizar un plan de preservación para puentes. Como desventajas tiene falta de acceso para la comunidad, dado que es de pago y su duración es de alrededor de cinco horas en total.

Fuentes Nacionales

1. Propuesta de actividades de intervención y costos unitarios para la atención de los daños de la Red de Puentes de El Guarco

Se tiene la bibliografía realizada por los autores Pablo Gutiérrez Solís y Keilyn Salazar Brenes, el cual se titula "Propuesta de actividades de intervención y costos unitarios para la atención de los daños de la Red de Puentes de El Guarco". El mismo se realizó en el cantón de El Guarco, en la provincia de Cartago y consistió en trabajo Final de Graduación para el Tecnológico de Costa Rica.

Este trabajo tiene como objetivo principal facilitar actividades y costos unitarios de intervención de la Red de Puentes para el Plan de Conservación y Desarrollo Vial Cantonal 2021-2026 para el cantón de El Guarco. El mismo busca resolver el problema de falta de integración de las estructuras de puentes en el plan ya antes mencionado.

Además de este objetivo, este proyecto también busca la caracterización los puentes de la Red Vial Cantonal de El Guarco, buscar el mejor método de intervención para los daños presentados en las estructuras de puentes del cantón, la recomendación de técnicas específicas de intervención para cada puente y calcular los costos unitarios de estas intervenciones.

Para lograr estos objetivos, se utilizó los datos existentes en el Programa de Evaluación de Estructuras de Puentes (PEEP), de donde se extrajo un inventario de los puentes de cantón de El Guarco. De allí y de visitas a los sitios se logró la categorizaron los puentes del cantón.

Para la escogencia de los métodos de intervención para cada puente, se utilizó una serie de bibliografías como las especificaciones técnicas de la American Society for Testing and Materials (ASTM), AASTHO, Manual de Especificaciones Generales para la Conservación de Caminos, Carreteras y

Puentes (MCV), entre otras. Con esto, se procedió a colocar a cada estructura, el tipo de intervención correspondiente, conforme sus necesidades.

Una vez escogido y especificados los métodos de intervención para cada puente, se realizó el cálculo de los costos unitarios de cada puente, los cuales fueron especificados a detalle en el documento. Para esto se necesitó de la ayuda de fuentes como el SICOP, datos de la Municipalidad y diferentes depósitos de materiales de construcción.

En conclusión, este proyecto brinda un gran panorama a la hora de investigar, clasificar y encontrar el mejor método de intervención para estructuras de puentes, según las necesidades del caso en cuanto, además de aportar datos de precios unitarios necesarios para una correcta estimación de costos de intervención en una estructura de un puente.

2. Priorización para la conservación de los puentes en las rutas nacionales 2 y 10 correspondientes a la zona de conservación vial 1-7 de Cartago

Una de las bibliografías nacionales que se toman como base para esta investigación es el realizado por el autor Jose Antonio Obando Leiva, cuyo título es “Priorización para la conservación de los puentes en las rutas nacionales 2 y 10 correspondientes a la zona de conservación vial 1-7 de Cartago”. El mismo fue realizado en Cartago, Costa Rica y fue realizado como Trabajo Final de Graduación para el Tecnológico de Costa Rica.

El mismo trata sobre una propuesta para la conservación de 17 puentes ubicados en las rutas nacionales número 02 y 10. Estas se encuentran localizadas en la provincia de Cartago y para su clasificación se utilizó una base de datos ya existente, realizada durante el 2019 y 2020.

En este proyecto se realizaron varios objetivos, entre los cuales está la actualización de la base de datos existente, análisis y clasificación de los puentes, realizar un plan de priorización para la conservación de estos y proponer una propuesta de conservación para todos los puentes analizados.

Para actualizar la base de datos se procedió a visitar los puentes, en donde se corroboró la información existente, se hizo una inspección visual y se realizó la actuación de los datos nuevos recolectados. En cuanto al análisis y clasificación de los puentes, estos se elaboraron conforme criterios como la seguridad vial, sistema constructivo y mitigación de daños.

A partir de estos datos, se procedió a realizar la priorización de los puentes, en donde, las estructuras con mayor deterioro e importancia son la base de esta. Además, en la investigación se encontró que una estructura de puente está en condición crítica y cinco estructuras poseen una condición deficiente. Por último, se concluye que estos puentes deben ser intervenidos en el corto plazo.

Seguidamente, se determinó que la mayoría de los puentes necesitan de una amplia gama de ensayos y estudios adicionales para conocer en profundidad la gravedad de los daños que presentan y así conocer de forma precisa el estado de estas. También, se concluye que se deben mejorar la seguridad vial de las estructuras, no solo a nivel estructural, sino de igual manera, a nivel de tránsito peatonal y vehicular.

Para concluir, esta fuente bibliográfica, da información relevante sobre como priorizar la intervención en puentes a nivel nacional, además de darnos detalles de cómo intervenir ciertas estructuras a nivel de conservación vial. Como desventaja podemos identificar que necesita de información adicional para ser un informe más completo.

3. Guía Técnica para el Mantenimiento de Puentes

La Guía Técnica para el Mantenimiento de Puentes de los autores Thomas Winiker y Giannina Ortiz, publicado en el año 2021 corresponde a una orientación para las personas encargadas de realizar el mantenimiento de puentes. El documento es parte del Programa de Evaluación de Estructuras de Puentes.

La guía incluye los 16 daños más comunes presentados en el inventario nacional de puentes, el muestreo se realizó al coger los 1670 puentes presentes en el inventario y se analizó cuales daños cuentan con mayor número de repeticiones dentro de la lista. Dentro de la guía se incluye las medidas de seguridad y de protección Manual de Especificaciones Generales para la Conservación de Caminos, Carreteras y Puentes (MCV-2015)

Los autores desglosaron para cada ítem la definición del daño, los elementos en los cuales puede presentarse, sus posibles causas, sus posibles consecuencias y como realizar el mantenimiento. El procedimiento es muy detallado ya que, incluye el objetivo por cual se realiza, cuál es el criterio para

aplicarlo, notas generales, especificaciones de los materiales, herramientas, especificaciones de otros autores y el paso a paso con texto e imágenes.

En síntesis, la guía es un excelente material para orientarse a la realización de mantenimiento para esos 16 daños expuestos, sin olvidar el criterio profesional de la persona encargada. En contraparte, al solo incluirse esa cantidad reducida de los 43 daños expuestos por Winiker en su tesis de grado limita al lector a verse obligado a buscar en otras fuentes para cubrir el conocimiento faltante.

Objetivo 03: Categorizar los puentes del cantón de Cartago por tipo de intervención

Categorización de los puentes

Basándose con los resultados obtenidos en el Inventario de Puentes del cantón central de Cartago, se procedió a la realización de una matriz de comparación en la cual se priorizará la intervención para todos los puentes del cantón mencionado.

Para ello, se generó una clasificación de los puentes a partir del análisis del Índice de Condición Estructural (BCI) y de las alertas reportadas por el Programa de Evaluación de Puentes en los apoyos, en la subestructura y en la superestructura de los puentes. El BCI puede variar entre una nota del uno a cinco (1-5) y la cantidad de alertas se asigna entre una puntuación de cero a tres (0-3).

Para determinar el orden de intervención, se clasificaron los puentes mediante una puntuación del cero a cien (0-100) y se le otorgo un valor de 85 puntos según el BCI. Por otro lado, al conjunto de alertas se le asignaron los 15 puntos restantes. Obtenida la suma de estas dos notas, se asigna un nivel de priorización de forma ascendente, en donde el puente con mayor puntaje obtenido es el que tiene el mayor nivel de priorización como se observa en el siguiente cuadro.

CUADRO 3. MATRIZ PARA PRIORIZACIÓN DE PUENTES						
Código del puente	BCI	Cantidad de Alertas	Puntaje BCI	Puntaje Alertas	Puntaje Obtenido	Posición de priorización de intervención
MCAR001	2,821	0	47,96	0	47,96	16
MCAR003	1,889	1	32,11	5	37,11	34
MCAR004	3,139	1	53,36	5	58,36	6
MCAR005	1,179	0	20,04	0	20,04	45
MCAR006	2,351	0	39,97	0	39,97	31
MCAR007	2,703	1	45,95	5	50,95	13
MCAR008	2,301	1	39,12	5	44,12	24
MCAR009	2,674	1	45,46	5	50,46	15
MCAR010	3,036	0	51,61	0	51,61	11
MCAR011	2,427	1	41,26	5	46,26	19
MCAR012	2,607	0	44,32	0	44,32	22
MCAR013	2,7	1	45,90	5	50,90	14
MCAR014	3,16	1	53,72	5	58,72	5
MCAR015	2,214	1	37,64	5	42,64	26
MCAR016	3,009	0	51,15	0	51,15	12
MCAR017	2,183	1	37,11	5	42,11	29
MCAR018	1,546	0	26,28	0	26,28	43
MCAR019	2,367	1	40,24	5	45,24	21
MCAR020	3,225	0	54,83	0	54,83	8
MCAR021	2,601	0	44,22	0	44,22	23
MCAR022	1,956	0	33,25	0	33,25	37

CUADRO 3. MATRIZ PARA PRIORIZACIÓN DE PUENTES						
Código del puente	BCI	Cantidad de Alertas	Puntaje BCI	Puntaje Alertas	Puntaje Obtenido	Posición de priorización de intervención
MCAR023	1,941	0	33,00	0	33,00	38
MCAR024	3,02	2	51,34	10	61,34	4
MCAR025	1,907	0	32,42	0	32,42	39
MCAR026	2,485	2	42,25	10	52,25	10
MCAR027	1,582	0	26,89	0	26,89	42
MCAR028	2,469	0	41,97	0	41,97	30
MCAR029	1,677	0	28,51	0	28,51	41
MCAR030	1,712	0	29,10	0	29,10	40
MCAR031	2,773	0	47,14	0	47,14	18
MCAR032	2,552	2	43,38	10	53,38	9
MCAR033	2,151	0	36,57	0	36,57	35
MCAR034	2,71	0	46,07	0	46,07	20
MCAR035	3,411	1	57,99	5	62,99	3
MCAR036	2,192	1	37,26	5	42,26	27
MCAR037	1,997	1	33,95	5	38,95	33
MCAR038	2,807	0	47,72	0	47,72	17
MCAR039	1,416	0	24,07	0	24,07	44
MCAR040	4,012	3	68,20	15	83,20	1
MCAR041	2,706	2	46,00	10	56,00	7
MCAR042	2,078	0	35,33	0	35,33	36
MCAR043	2,521	0	42,86	0	42,86	25
MCAR044	4,126	0	70,14	0	70,14	2
MCAR045	2,342	0	39,81	0	39,81	32
MCAR046	2,478	0	42,13	0	42,13	28

A continuación, se muestra el siguiente cuadro en donde, a partir del puntaje BCI de la intervención sugerida en el inventario de puentes y la revisión de los informes de inspección, se definió la intervención recomendada para cada puente del cantón de Cartago. Además, se incluye el criterio de selección, el cual se solo se agrega en caso de que la intervención recomendada en la estructura sea diferente a la sugerida en el inventario.

CUADRO 4. INTERVENCIONES RECOMENDADAS PARA LOS PUENTES				
Código de puente	Puntaje BCI	Intervención de acuerdo con el puntaje BCI obtenido	Intervención recomendada	Criterio de Selección
MCAR001	2,821	Mantenimiento correctivo	Mantenimiento correctivo	Deformación viga principal
MCAR003	1,889	Mantenimiento rutinario	Mantenimiento correctivo	Socavación en el bastión y juntas obstruidas
MCAR004	3,139	Mantenimiento correctivo o rehabilitación	Sustitución	Gaviones como subestructura sin apoyo por debajo
MCAR005	1,179	Mantenimiento rutinario	Mantenimiento rutinario	
MCAR006	2,351	Mantenimiento correctivo	Mantenimiento correctivo	
MCAR007	2,703	Mantenimiento correctivo	Mantenimiento correctivo	
MCAR008	2,301	Mantenimiento correctivo	Mantenimiento correctivo	
MCAR009	2,674	Mantenimiento correctivo	Mantenimiento correctivo	
MCAR010	3,036	Mantenimiento correctivo o rehabilitación	Rehabilitación	Socavación grado 5 en bastiones
MCAR011	2,427	Mantenimiento correctivo	Mantenimiento correctivo	

CUADRO 4. INTERVENCIONES RECOMENDADAS PARA LOS PUENTES

Código de puente	Puntaje BCI	Intervención de acuerdo con el puntaje BCI obtenido	Intervención recomendada	Criterio de Selección
MCAR012	2,607	Mantenimiento correctivo	Mantenimiento correctivo	
MCAR013	2,7	Mantenimiento correctivo	Mantenimiento correctivo	
MCAR014	3,16	Mantenimiento correctivo o rehabilitación	Mantenimiento correctivo	
MCAR015	2,214	Mantenimiento correctivo	Mantenimiento correctivo	
MCAR016	3,009	Mantenimiento correctivo o rehabilitación	Mantenimiento correctivo	
MCAR017	2,183	Mantenimiento correctivo	Mantenimiento correctivo	
MCAR018	1,546	Mantenimiento rutinario	Mantenimiento rutinario	
MCAR019	2,367	Mantenimiento correctivo	Mantenimiento correctivo	
MCAR020	3,225	Mantenimiento correctivo o rehabilitación	Rehabilitación	Estado general de la estructura
MCAR021	2,601	Mantenimiento correctivo	Mantenimiento correctivo	
MCAR022	1,956	Mantenimiento rutinario	Mantenimiento correctivo	Socavación grado 5 en bastiones y apoyos en mal estado
MCAR023	1,941	Mantenimiento rutinario	Mantenimiento rutinario	
MCAR024	3,02	Mantenimiento correctivo o rehabilitación	Rehabilitación	Estado general
MCAR025	1,907	Mantenimiento rutinario	Mantenimiento rutinario	
MCAR026	2,485	Mantenimiento correctivo	Mantenimiento correctivo	
MCAR027	1,582	Mantenimiento rutinario	Mantenimiento rutinario	
MCAR028	2,469	Mantenimiento correctivo	Mantenimiento correctivo	
MCAR029	1,677	Mantenimiento rutinario	Mantenimiento rutinario	
MCAR030	1,712	Mantenimiento rutinario	Mantenimiento rutinario	
MCAR031	2,773	Mantenimiento correctivo	Mantenimiento correctivo	
MCAR032	2,552	Mantenimiento correctivo	Mantenimiento correctivo	
MCAR033	2,151	Mantenimiento correctivo	Mantenimiento rutinario	Se encuentra en buen estado
MCAR034	2,71	Mantenimiento correctivo	Mantenimiento correctivo	
MCAR035	3,411	Mantenimiento correctivo o rehabilitación	Rehabilitación	Estado general
MCAR036	2,192	Mantenimiento correctivo	Mantenimiento correctivo	
MCAR037	1,997	Mantenimiento rutinario	Mantenimiento rutinario	
MCAR038	2,807	Mantenimiento correctivo	Mantenimiento correctivo	
MCAR039	1,416	Mantenimiento rutinario	Mantenimiento rutinario	
MCAR040	4,012	Rehabilitación o sustitución	Sustitución	Estado general
MCAR041	2,706	Mantenimiento correctivo	Mantenimiento correctivo	
MCAR042	2,078	Mantenimiento correctivo	Mantenimiento correctivo	
MCAR043	2,521	Mantenimiento correctivo	Mantenimiento correctivo	
MCAR044	4,126	Rehabilitación o sustitución	Sustitución	Estado crítico de la alcantarilla
MCAR045	2,342	Mantenimiento correctivo	Mantenimiento correctivo	
MCAR046	2,478	Mantenimiento correctivo	Mantenimiento correctivo	

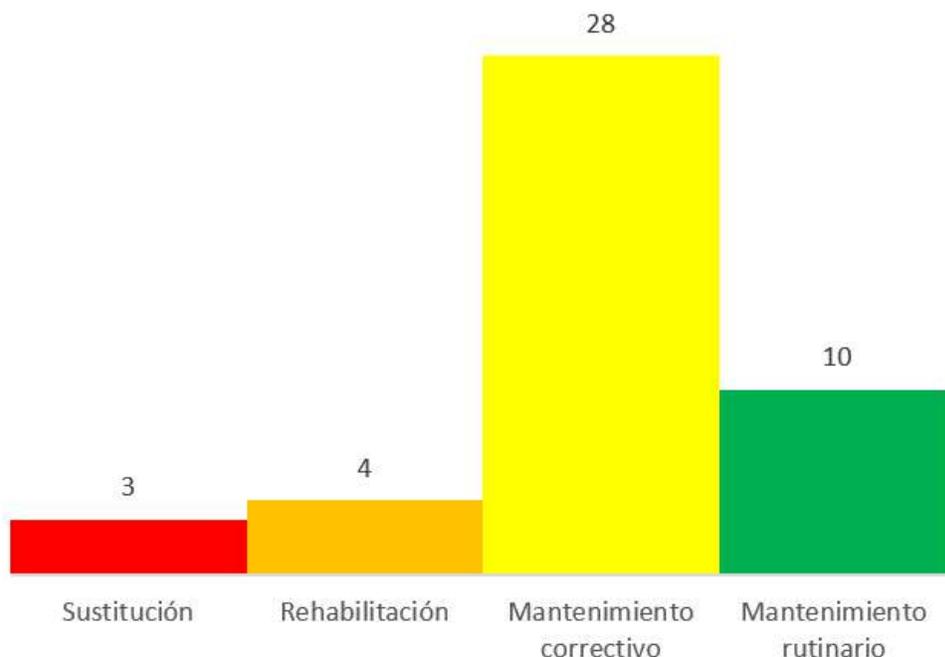
Por último, se muestra en el siguiente cuadro un resumen de los datos obtenidos en los dos anteriores cuadros. Aquí se muestra en forma detallada el plan de intervención de los puentes del cantón central de Cartago en donde se coloca la posición de priorización de intervención, el código de puente y su intervención recomendada, de acuerdo con el criterio usado en el anterior cuadro.

CUADRO 5. ORDEN DE PRIORIZACIÓN DE INTERVENCIÓN

Posición de priorización de intervención	Código del puente	Intervención recomendada
1	MCAR040	Sustitución
2	MCAR044	Sustitución
3	MCAR035	Rehabilitación
4	MCAR024	Rehabilitación
5	MCAR014	Mantenimiento correctivo
6	MCAR004	Sustitución
7	MCAR041	Mantenimiento correctivo
8	MCAR020	Rehabilitación
9	MCAR032	Mantenimiento correctivo
10	MCAR026	Mantenimiento correctivo
11	MCAR010	Rehabilitación
12	MCAR016	Mantenimiento correctivo
13	MCAR007	Mantenimiento correctivo
14	MCAR013	Mantenimiento correctivo
15	MCAR009	Mantenimiento correctivo
16	MCAR001	Mantenimiento correctivo
17	MCAR038	Mantenimiento correctivo
18	MCAR031	Mantenimiento correctivo
19	MCAR011	Mantenimiento correctivo
20	MCAR034	Mantenimiento correctivo
21	MCAR019	Mantenimiento correctivo
22	MCAR012	Mantenimiento correctivo
23	MCAR021	Mantenimiento correctivo
24	MCAR008	Mantenimiento correctivo
25	MCAR043	Mantenimiento correctivo
26	MCAR015	Mantenimiento correctivo
27	MCAR036	Mantenimiento correctivo
28	MCAR046	Mantenimiento correctivo
29	MCAR017	Mantenimiento correctivo
30	MCAR028	Mantenimiento correctivo
31	MCAR006	Mantenimiento correctivo
32	MCAR045	Mantenimiento correctivo
33	MCAR037	Mantenimiento rutinario
34	MCAR003	Mantenimiento correctivo
35	MCAR033	Mantenimiento rutinario
36	MCAR042	Mantenimiento correctivo
37	MCAR022	Mantenimiento correctivo
38	MCAR023	Mantenimiento rutinario
39	MCAR025	Mantenimiento rutinario
40	MCAR030	Mantenimiento rutinario
41	MCAR029	Mantenimiento rutinario
42	MCAR027	Mantenimiento rutinario
43	MCAR018	Mantenimiento rutinario
44	MCAR039	Mantenimiento rutinario
45	MCAR005	Mantenimiento rutinario

A continuación, se muestra el siguiente gráfico en donde se agrupan los diferentes tipos de intervención propuestos con la cantidad de puentes asignados para cada uno de ellos. Se mantiene el código de colores usado en el Inventario de Puentes del Cantón de Cartago. Además, se observa que el mantenimiento correctivo es la intervención con mayor concurrencia, seguido del mantenimiento rutinario y la rehabilitación mientras que la sustitución es el tipo de intervención menos concurrida de todas.

Figura 20. Categorización de los puentes según su tipo de intervención



Costos Unitarios

Uno de los rubros de mayor importancia a la hora de plantear y escoger un método de mantenimiento para una estructura de un puente, es el costo que va a tener el mismo. Esto debido a que, dependiendo del costo de la obra, se puede priorizar, definir o descartar qué tipo de método de conservación es el más adecuado para un proyecto.

Una problemática que posee este aspecto es la limitación al acceso de un tipo de intervención en específico, ya que, de acuerdo con los presupuestos poseídos por una entidad para el mismo, se puede descartar un proyecto por su alto costo. Además, otro problema que se presenta es el incorrecto cálculo de los costos, que puede derivar en un costo más alto de una obra y con ello desequilibrar el presupuesto.

En nuestro caso, conocer en detalle los costos unitarios para obras de mantenimiento de puentes, es de suma importancia, ya que permite dilucidar cuanto es el costo de una obra y poder calcular un presupuesto aproximado para este tipo de proyectos de conservación vial y tener un control de los costos económicos de la obra. También, permite deslumbrar cual es el mejor método de mantenimiento, dependiendo del presupuesto poseído por la municipalidad.

Para obtener los costos unitarios, se utilizará como bases presupuestos de obras en donde se detallan los precios, esto con el fin de tener un aproximado lo más cercano posible a la realidad. Para ello se tomarán los precios publicados en proyectos de obras de mantenimientos de puentes del Sistema Integrado de Compras Públicas (SICOP). Para el caso de los costos unitarios de los materiales, se utilizó como base el presupuesto de la "Reconstrucción del puente sobre el Río Ciruelas en la comunidad de Calle El Urbano, Guácima - San Antonio", hecha por la Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias y Municipalidad de Alajuela (2022) cuyo cartel de licitación se publicó en el SICOP el 23 de

octubre de 2022, con lo cual los precios están ajustados lo más posible a la realidad del momento de publicación de este documento.

En cambio, para los costos unitarios de las actividades de intervención de puentes, se utilizó el presupuesto ganador de la licitación del "Mantenimiento de puentes según demanda" solicitada por la Municipalidad de El Guarco y presupuestada por la empresa Piedra y Ureña Asesores Financieros y Constructores S.A. Este cartel fue contratado el 25 de octubre de 2021, por lo cual los precios finales se tuvieron que ajustar a la realidad actual. Por lo que, los precios en esta sección fueron aumentados en un 10,87%, ya este corresponde a la inflación interanual acumulada de octubre de 2021 a octubre de 2022, según el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC).

Hay tener en cuenta también que, para el cálculo de costos unitarios, se deben considerar algunos otros aspectos, ya que la variación de estos, dependen de estos rubros. Algunos de estos son:

- Localización.
- Impuestos.
- Costos por actividad.
- Costos de materiales.
- Costos de mano de obra.
- Costos de equipos.
- Costos de actividades y subactividades.

A continuación, se entrega el siguiente cuadro con los costos unitarios de materiales utilizados para la intervención de puentes. En este, se describe el código de identificación de cada material, el renglón de pago de cada material según el CR-2020 del MOPT, el material con sus especificaciones, su unidad de medida y el precio unitario de cada uno.

CUADRO 6. COSTO UNITARIO DE MATERIALES				
Código	Renglón de Pago	Descripción	Unidad	Costo Unitario
MA01	CR.405.1	Capa de concreto asfáltico preparado en planta central en caliente	t	¢58 876,05
MA02	CR.552.01	Concreto estructural clase A f'c 245kg/cm ² para muros de confinamiento de rellenos	m ³	¢164 623,59
MA03	CR.552.02	Concreto estructural clase B f'c 280kg/cm ² para losa de puente, losas de aproximación y cabezales	m ³	¢163 988,56
MA04	CR.554.01	Acero de refuerzo grado 60	kg	¢1 415,33
MA05	CR.555.01 (a)	Elementos de acero estructural tipo ASTM A500 Grado 46 (322 MPa), suplido, fabricado y erigido	kg	¢2 090,19
MA06	CR.555.01 (b)	Elementos de acero estructural tipo ASTM A36 grado 36 (252 MPa), suplido, fabricado y erigido	kg	¢2 030,44
MA07	CR.554.01	Acero de refuerzo grado 60	kg	¢1 415,33
MA08	CR.563.03	Pintura con recubrimiento anticorrosivo (Sistema 1)	m ²	¢11 804,96
MA09	CR.564.01	Apoyo de neopreno fijo	unidad	¢300 769,02
MA10	CR.564.01	Apoyo de neopreno móvil	unidad	¢418 031,05
MA11	CR.602.01 (a)	Tubería de alcantarillado clase III de 600 mm de diámetro	m	¢129 670,13
MA12	CR.602.01 (b)	Tubería de alcantarillado de 900 mm de diámetro	m	¢168 670,13
MA13	CR.604.04 (a)	Pozos de registro	unidad	¢699 950,86
MA14	CR.604.04 (b)	Tragantes	unidad	¢429 191,18
MA15	CR.609.01	Cordón y caño de cemento hidráulico	m	¢19 321,22
MA16	CR.615.01	Aceras	m ²	¢18 411,57
MA17	CR.618.01	Barrera de concreto tipo New Jersey	m	¢91 552,93
MA18	CR.718.01	Pintura línea amarilla	m	¢900,00
MA19	CR.718.01	Pintura línea blanca	m	¢900,00
MA20	CR.718.01	Señal de velocidad máxima	m	¢180 000,00

En los siguientes cuadros podemos observar los costos unitarios de cada una de actividades de intervención en puentes. Cada cuadro se clasifica de acuerdo con un tipo de intervención y se describe en cada uno de estos, su código de identificación, la actividad de intervención, su unidad de medida y su precio unitario.

CUADRO 7. COSTOS UNITARIOS DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO RUTINARIO			
Código	Actividades	Unidad	Costo Unitario
AC01	Limpieza general del puente	m ²	₡7 192,62
AC02	Limpieza de los cauces para prevenir la socavación	m ³	₡13 153,47
AC03	Limpieza de drenajes	ml	₡6 221,43
AC04	Reparación de la corrosión en los elementos de acero mediante la limpieza con chorro de agua a presión	m ²	₡12 197,78
AC05	Reparación de la oxidación en los elementos de acero mediante la limpieza con chorro de agua a presión	m ²	₡10 811,91
AC06	Remoción de la eflorescencia del concreto	m ²	₡5 715,03
AC07	Bacheo de la superficie de rodamiento	m ²	₡64 876,50
AC08	Limpieza de juntas de expansión	ml	₡5 718,01
AC09	Reparación de grietas lineales en losa y elementos de concreto	ml	₡4 792,27
AC10	Reparación de grietas lineales en el bastión y aletones de concreto	ml	₡5 508,28
AC11	Colocación y reparación de guardavías	unidad	₡134 779,81
AC12	Colocación y reparación de la pintura de señalización horizontal	ml	₡2 563,87
AC13	Colocación y reparación de la señalización vertical	unidad	₡105 049,33
AC14	Colocación y reparación de dispositivos reflectivos en la superficie de rodamiento	unidad	₡6 721,49

CUADRO 8. COSTOS UNITARIOS DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO			
Código	Actividades	Unidad	Costo Unitario
AC15	Reparación del acero expuesto	m ²	₡65 646,70
AC16	Cambio de almohadillas de neopreno en los apoyos	unidad	₡272 093,92
AC17	Sellado de grietas en losas de concreto o carpetas asfálticas	ml	₡3 949,74
AC18	Reparación de nidos de piedra	m ²	₡95 209,61
AC19	Reparación del descascaramiento	m ²	₡40 255,05
AC20	Protección en el talud del bastión/aletones/pilas	m ³	₡44 725,66
AC21	Sustitución de las juntas de expansión	ml	₡401 985,41
AC22	Remoción de sobrecapas de pavimento	m ²	₡15 832,13
AC23	Recarpeteo de concreto asfáltico en la superficie de rodamiento	m ²	₡32 568,06

CUADRO 9. COSTOS UNITARIOS DE ACTIVIDADES DE REHABILITACIÓN			
Código	Actividades	Unidad	Costo Unitario
AC24	Reparación de la socavación en el bastión/aletones/pilas	m ³	₡71 432,16

Objetivo 04: Proponer una guía de intervención general para todos los puentes del cantón de Cartago

De acuerdo con todos los datos recopilados en las secciones anteriores, se procede a la elaboración de la guía de intervención de puentes del cantón de Cartago. Este manual permite visualizar de una manera detallada que actividades se pueden realizar en los puentes, de acuerdo con el tipo de intervención que se recomienda.

Para ello, se realizó una lista de actividades, conforme a cada tipo de intervención mencionada anteriormente en el documento. Esto se realizó con base en los documentos previamente mencionados en el Estado del Arte, especialmente los documentos de Gutiérrez Solís, P. & Salazar Brenes, K. (2019, diciembre) y Ortiz Quesada, G., & Winiker Pérez, T. (2022), los cuales brindan información detallada sobre actividades de mantenimiento.

Además de estos documentos, se tomaron en cuenta actividades mencionadas en el cartel de licitación de "Mantenimiento de puentes según demanda", de Piedra y Ureña Asesores Financieros y Constructores S.A. y Municipalidad de El Guarco (2021), ya que este documento se extrajo, también, los costos unitarios de estas actividades. Cabe aclarar que, en el campo de la rehabilitación solo se menciona una actividad, la cual es la que se presenta en todos los puentes que necesitan de este tipo de intervención. Las demás actividades no se mencionaron ya que las mismas son específicas de cada puente y requieren de estudios detallados, por lo que uso en este documento no se ve necesario, dado su poca recurrencia.

Con respecto a las actividades de sustitución, al igual que con ciertas actividades de la rehabilitación, estos no se tomaron en cuenta en este listado, ya que los mismos son muy específicos para cada puente y requieren de mucha inversión y estudio, por lo que no sería útil mencionar actividades que, muy probablemente, su utilización será muy escasa y específica.

En este caso, se encontraron cuatro puentes que se recomienda una rehabilitación y tres puentes, en donde es imperativo una sustitución. Cuando un puente se recomienda hacer algunas de estas dos opciones, se debe realizar un estudio en específico, para ver los daños del puente y que actividades rehabilitadoras o sustitutivas se necesitan para esa estructura. A continuación, se presenta los siguientes cuadros, en donde se mencionan y describen las actividades de mantenimiento rutinario, mantenimiento correctivo y rehabilitación sugeridos para realizar en los puentes del cantón de Cartago. En el cuadro se menciona además la unidad de medida de cada actividad y su código respectivo de identificación.

CUADRO 10. ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO RUTINARIO			
Código	Actividad	Unidad	Descripción
AC01	Limpieza general del puente	m ²	Limpieza manual de todos los elementos del puente, eso con el fin de remover toda la suciedad, basura, escombros, vegetación, aceites u otros. Con esto permitimos que los elementos funcionen de una manera adecuada y se brinda seguridad y comodidad a los usuarios de la estructura.
AC02	Limpieza de los cauces para prevenir la socavación	m ³	Remoción con equipo mecánico de troncos, ramas, basura, rocas, sedimentos, entre otros, los cuales no permitan el flujo adecuado del agua a través de la estructura. Con esto se aumenta la capacidad hidráulica de la estructura y se evitan problemas como la socavación de la estructura.
AC03	Limpieza de drenajes	ml	Limpieza en donde se halle presencia de materiales, basura u otros que impiden la adecuada función del drenaje.
AC04	Reparación de la corrosión en los elementos de acero mediante la limpieza con chorro de agua a presión	m ²	Limpieza mediante chorro de agua a presión para eliminar la corrosión y aplicación de pintura anticorrosiva e inhibidores de corrosión (envoltura de grasa) en los elementos de acero de la estructura.

CUADRO 10. ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO RUTINARIO

Código	Actividad	Unidad	Descripción
AC05	Reparación de la oxidación en los elementos de acero mediante la limpieza con chorro de agua a presión	m ²	Reparación y eliminación del óxido, suciedad, vegetación, entre otros, de los elementos de acero esto con el fin de obtener una superficie sana y limpia. Además, se coloca inhibidores de corrosión (envoltura de grasa), esto con el fin de extender el periodo de vida útil de los elementos de acero y evitar la corrosión.
AC06	Remoción de la eflorescencia del concreto	m ²	Eliminación de la eflorescencia de los elementos de concreto y, con esto, mejorar el ornamento de la estructura del puente.
AC07	Bacheo de la superficie de rodamiento	m ²	Un bache es un defecto en la nivelación de la vía, es decir, una depresión u hoyo en la superficie de rodamiento, por lo que el bacheo consiste en nivelar todos los defectos que se presenten en la superficie de rodamiento
AC08	Limpieza de juntas de expansión	ml	Consiste en la eliminación y limpieza de material, generalmente asfalto sobre la junta, la cual no permite un adecuado comportamiento de este elemento
AC09	Reparación de grietas lineales en losa y elementos de concreto	ml	Reparación de grietas en una o dos direcciones o mejor conocidas como grietas lineales en la losa y elementos de concreto como vigas principales, esto para mantener la condición estructural de los elementos de concreto reforzado y prevenir daños más graves, como la oxidación del acero y la posterior delaminación del concreto en la estructura.
AC10	Reparación de grietas lineales en el bastión y aletones de concreto	ml	Reparación de grietas fisuras en una o dos direcciones o mejor conocidas como grietas lineales en los elementos de concreto de los bastiones y aletones de la estructura, esto para mantener la condición estructural de los elementos de concreto reforzado y prevenir daños más graves, como la oxidación del acero y la posterior delaminación del concreto en la estructura.
AC11	Colocación y reparación de guardavías	unidad	Colocación y reparación de guardavías, las cuales son unas barreras metálicas que protegen a los usuarios de la estructura en caso de un accidente y que amortiguan el impacto de un vehículo en movimiento. La reparación y colocación de estos dispositivos ayuda a la seguridad de todos los usuarios de la vía y evita que se produzcan fatalidades

CUADRO 10. ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO RUTINARIO

Código	Actividad	Unidad	Descripción
AC12	Colocación y reparación de la pintura de señalización horizontal	ml	La colocación y reparación de la pintura para la señalización horizontal debe estar visible y en buen estado. Esto con el fin de brindar al usuario de información necesaria para el correcto tránsito del puente.
AC13	Colocación y reparación de la señalización vertical	unidad	La colocación y reparación de la señalización vertical debe ser visible y estar en buen estado y debe incluir el nombre del puente, la capacidad y las limitaciones de la estructura. Esto con el fin de brindar al usuario de información necesaria para el correcto uso del puente.
AC14	Colocación y reparación de dispositivos reflectivos en la superficie de rodamiento	unidad	La colocación y reparación de dispositivos reflectivos en la superficie de rodamiento debe ser segura para un correcto tránsito del usuario. Esto con el fin de brindar al usuario de una guía visual para para el correcto transitar del puente.

CUADRO 11. ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Código	Actividad	Unidad	Descripción
AC15	Reparación del acero expuesto	m ²	Reparación de la exposición del acero en una estructura de concreto reforzado. Esto se da cuando el acero de refuerzo, el cual debe estar embebido en el concreto, es expuesto por diferentes causas. Esta reparación debe llevar a cabo en elementos del puente como losas, baranda de concreto, viga principal o diafragma de concreto y en los bastiones o pilas de la estructura.
AC16	Cambio de almohadillas de neopreno en los apoyos	unidad	Se refiere al cambio de almohadillas de neopreno en los apoyos del puente por la presencia de grietas en el material.
AC17	Sellado de grietas en losas de concreto o carpetas asfálticas	ml	Reparación que consiste en la aplicación de la norma ASTM D 6690 para sellar las grietas longitudinales y transversales en la superficie de rodamiento. Con esto se da el aseguramiento que la superficie de una protección impermeable a la losa, extendiendo su vida útil.
AC18	Reparación de nidos de piedra	m ²	Reparación de la segregación del agregado grueso en la mezcla de concreto de la estructura. Esto se puede hacer, ya sea en la viga principal o diafragma de concreto o el cuerpo principal de bastión o pila de la estructura del puente.

CUADRO 11. ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Código	Actividad	Unidad	Descripción
AC19	Reparación del descascaramiento	m ²	Reparación de la delaminación o el desprendimiento de una superficie de concreto en algún elemento de concreto reforzado. El descascaramiento se puede dar en elementos como la losa, baranda de concreto, viga principal o diafragma de concreto o cuerpo principal de bastión o pila de la estructura del puente
AC20	Protección en el talud del bastión/aletones/pilas	m ³	Protección en el talud del bastión/aletones/pilas debido a deslizamientos o pérdida de material. Para ello se coloca el material perdido y se coloca una malla de geo textil
AC21	Sustitución de las juntas de expansión	ml	Sustitución de las juntas de expansión de una estructura de puente que se encuentran deterioradas. Esto con el fin de conservar el adecuado comportamiento estructural y funcional del puente.
AC22	Remoción de sobrecapas de pavimento	m ²	Remoción de las sobrecapas de pavimento, esto con el fin de reestablecer la funcionalidad de los drenajes, juntas de expansión y la capacidad del puente de soportar cargas vivas.
AC23	Recarpeteo de concreto asfáltico en la superficie de rodamiento	m ²	Colocación de una nueva superficie de rodamiento de concreto asfáltico, esto con el fin de, proveer a la losa de una nueva impermeabilización y protección y así asegurar un tránsito cómodo y seguro para los usuarios. Además, se pretende eliminar los daños relacionados con ondulaciones y surcos en el pavimento

CUADRO 12. ACTIVIDADES DE REHABILITACIÓN

Código	Actividad	Unidad	Descripción
AC24	Reparación de la socavación en el bastión/aletones/pilas	m ²	La socavación es la erosión de material causado por el agua en movimiento. Esta puede causar desgaste en el material de relleno en el bastión por la filtración de agua. Por ello la reparación es fundamental para evitar que los soportes del puente se vean afectados y con ello la seguridad de los usuarios

Plan decenal para la intervención

Un elemento fundamental para la realización de una guía de intervención de puentes es la planificación de esta, es por ello por lo que se realizó un plan decenal, es decir, un plan a diez años plazo para la ejecución de las obras de intervención de puentes del cantón de Cartago. Se escogió un tiempo de diez años ya que es el tiempo se cree factible para intervenir los cuarenta y cuatro puentes pertenecientes al cantón de Cartago, además de establecer un orden para cada trabajo a ejecutar.

Para esto se elaboró el siguiente cuadro en el cual se colocó cada una de las estructuras a intervenir, su posición de priorización de intervención, en donde se situó de primero los puentes que necesitan una intervención urgente, es decir, los puentes con un puntaje BCI alto y una intervención recomendada de sustitución y rehabilitación en ese orden, su código de identificación, la intervención sugerida en el cuadro 04 de este documento, un aproximado de duración para cada puente de los trabajos a realizar y el año propuesto para la ejecución de los trabajos, comenzando en el año 2023, ya que el año de entrega de este documento es el año 2022.

CUADRO 13. PLAN DE EJECUCIÓN DECENAL

Posición de priorización de intervención	Código del puente	Puntaje BCI	Intervención recomendada	Duración aproximada de la intervención	Año propuesto para ejecutar
1	MCAR040	4,01	Sustitución	4 meses	2023
2	MCAR044	4,13	Sustitución	5 meses	2023
3	MCAR035	3,41	Rehabilitación	2 meses	2023
4	MCAR024	3,02	Rehabilitación	2 meses	2024
5	MCAR014	3,16	Mantenimiento correctivo	1 mes	2024
6	MCAR004	3,14	Sustitución	4 meses	2024
7	MCAR041	2,71	Mantenimiento correctivo	1 mes	2024
8	MCAR020	3,23	Rehabilitación	3 meses	2025
9	MCAR032	2,55	Mantenimiento correctivo	1 mes	2025
10	MCAR026	2,49	Mantenimiento correctivo	1 mes y 15 días	2025
11	MCAR010	3,04	Rehabilitación	2 meses	2025
12	MCAR016	3,01	Mantenimiento correctivo	1 mes	2026
13	MCAR007	2,70	Mantenimiento correctivo	1 mes	2026
14	MCAR013	2,70	Mantenimiento correctivo	1 mes	2026
15	MCAR009	2,67	Mantenimiento correctivo	1 mes y 15 días	2026
16	MCAR001	2,82	Mantenimiento correctivo	1 mes y 15 días	2026
17	MCAR038	2,81	Mantenimiento correctivo	1 mes	2027
18	MCAR031	2,61	Mantenimiento correctivo	22 días	2027
19	MCAR011	2,43	Mantenimiento correctivo	1 mes	2027
20	MCAR034	2,71	Mantenimiento correctivo	1 mes	2027
21	MCAR019	2,37	Mantenimiento correctivo	1 mes y 15 días	2027
22	MCAR012	2,61	Mantenimiento correctivo	1 mes	2028
23	MCAR021	2,60	Mantenimiento correctivo	1 mes	2028
24	MCAR008	2,30	Mantenimiento correctivo	22 días	2028
25	MCAR043	2,52	Mantenimiento correctivo	1 mes	2028
26	MCAR015	2,21	Mantenimiento correctivo	1 mes	2028
27	MCAR036	2,19	Mantenimiento correctivo	1 mes y 15 días	2029
28	MCAR046	2,48	Mantenimiento correctivo	1 mes	2029
29	MCAR017	2,18	Mantenimiento correctivo	1 mes	2029
30	MCAR028	2,21	Mantenimiento correctivo	22 días	2029
31	MCAR006	2,19	Mantenimiento correctivo	1 mes	2029
32	MCAR045	2,34	Mantenimiento correctivo	22 días	2030
33	MCAR037	2,15	Mantenimiento rutinario	22 días	2030
34	MCAR003	1,89	Mantenimiento correctivo	22 días	2030
35	MCAR033	2,15	Mantenimiento rutinario	15 días	2030
36	MCAR042	2,08	Mantenimiento correctivo	1 mes	2030
37	MCAR022	1,96	Mantenimiento correctivo	1 mes	2031
38	MCAR023	1,94	Mantenimiento rutinario	22 días	2031
39	MCAR025	1,91	Mantenimiento rutinario	22 días	2031

CUADRO 13. PLAN DE EJECUCIÓN DECENAL

Posición de priorización de intervención	Código del puente	Puntaje BCI	Intervención recomendada	Duración aproximada de la intervención	Año propuesto para ejecutar
40	MCAR030	1,71	Mantenimiento rutinario	22 días	2031
41	MCAR029	1,68	Mantenimiento rutinario	15 días	2031
42	MCAR027	1,58	Mantenimiento rutinario	22 días	2032
43	MCAR018	1,55	Mantenimiento rutinario	22 días	2032
44	MCAR039	1,42	Mantenimiento rutinario	22 días	2032
45	MCAR005	1,18	Mantenimiento rutinario	15 días	2032

En el próximo cuadro, se observa el costo de intervención para cada uno de los puentes del cantón de Cartago. En él se encuentra cada estructura de puente con su código de identificación, su tipo de intervención recomendado y su costo de intervención estimado. Este cálculo aproximado fue realizado por el Centro de Investigación en Vivienda y Construcción (CIVCO), el cual se muestra en moneda estadounidense (dólar). Cabe recalcar que, este precio estimado fue realizado en el año 2021, por lo que para dar una aproximación al precio en la actualidad habría que considerar el porcentaje de inflación acumulado a la fecha de ejecución de la obra.

CUADRO 14. COSTO DE INTERVENCIÓN PARA LOS PUENTES

Código de puente	Intervención recomendada	Costo intervención
MCAR001	Mantenimiento correctivo	\$53 057,24
MCAR003	Mantenimiento correctivo	\$25 341,23
MCAR004	Sustitución	\$23 109,94
MCAR005	Mantenimiento rutinario	\$18 692,57
MCAR006	Mantenimiento correctivo	\$44 798,75
MCAR007	Mantenimiento correctivo	\$69 716,24
MCAR008	Mantenimiento correctivo	\$66 020,42
MCAR009	Mantenimiento correctivo	\$51 491,35
MCAR010	Rehabilitación	\$63 454,45
MCAR011	Mantenimiento correctivo	\$107 233,39
MCAR012	Mantenimiento correctivo	\$220 337,90
MCAR013	Mantenimiento correctivo	\$80 193,29
MCAR014	Mantenimiento correctivo	\$77 613,71
MCAR015	Mantenimiento correctivo	\$29 348,57
MCAR016	Mantenimiento correctivo	\$48 385,00
MCAR017	Mantenimiento correctivo	\$37 104,27
MCAR018	Mantenimiento rutinario	\$25 926,87
MCAR019	Mantenimiento correctivo	\$47 259,18
MCAR020	Rehabilitación	\$217 312,26
MCAR021	Mantenimiento correctivo	\$75 688,46
MCAR022	Mantenimiento correctivo	\$54 674,61
MCAR023	Mantenimiento rutinario	\$27 110,02
MCAR024	Rehabilitación	\$69 817,15
MCAR025	Mantenimiento rutinario	\$11 051,98
MCAR026	Mantenimiento correctivo	\$34 593,85
MCAR027	Mantenimiento rutinario	\$16 373,27
MCAR028	Mantenimiento correctivo	\$11 236,43
MCAR029	Mantenimiento rutinario	\$77 730,55
MCAR030	Mantenimiento rutinario	\$28 909,73
MCAR031	Mantenimiento correctivo	\$50 163,28

CUADRO 14. COSTO DE INTERVENCIÓN PARA LOS PUENTES		
Código de puente	Intervención recomendada	Costo intervención
MCAR032	Mantenimiento correctivo	\$84 566,19
MCAR033	Mantenimiento rutinario	\$250 607,87
MCAR034	Mantenimiento correctivo	\$125 238,47
MCAR035	Rehabilitación	\$97 623,35
MCAR036	Mantenimiento correctivo	\$147 449,72
MCAR037	Mantenimiento rutinario	\$42 611,01
MCAR038	Mantenimiento correctivo	\$79 596,49
MCAR039	Mantenimiento rutinario	\$15 900,63
MCAR040	Sustitución	\$122 559,76
MCAR041	Mantenimiento correctivo	\$22 922,65
MCAR042	Mantenimiento correctivo	\$47 326,19
MCAR043	Mantenimiento correctivo	\$40 966,82
MCAR044	Sustitución	\$127 783,79
MCAR045	Mantenimiento correctivo	\$43 500,76
MCAR046	Mantenimiento correctivo	\$29 285,90

Por último, en el siguiente cuadro se puede visualizar el presupuesto anual estimado para las obras de intervención de los puentes del cantón de Cartago con el plan decenal. En este se encuentra la suma de los costos de intervención estimados del cuadro 14, de acuerdo con el plan de intervención propuesto en el cuadro 13 de este documento.

CUADRO 15. PRESUPUESTO ANUAL	
Año de ejecución	Presupuesto anual
2023	\$347 966,90
2024	\$193 463,45
2025	\$399 926,75
2026	\$302 843,12
2027	\$409 490,81
2028	\$432 362,17
2029	\$269 875,07
2030	\$409 387,06
2031	\$199 476,89
2032	\$76 893,34

Objetivo 05: Establecer un plan de intervención específico para dos estructuras de puentes del cantón de Cartago.

Una vez concluidas la lista de actividades de intervención de puentes y haber creado la guía para el mantenimiento de puentes del cantón de Cartago, se procede a realizar un plan de intervención para dos estructuras de puentes en específico del municipio. Para ello, se escogieron puentes que reflejen dos tipos de intervenciones necesarias y muy comunes en el cantón, los cuales son el mantenimiento rutinario y el mantenimiento correctivo. Este plan tiene como objetivo servir de guía para futuras intervenciones en los puentes citados en este documento y a la Municipalidad de Cartago para el planeamiento de futuras obras.

Puente MCAR029

Uno de los puentes escogidos para el plan de intervención es el puente código MCAR029, el cual cruza sobre el río Toyogres, en donde se debe realizar una intervención en la estructura de tipo mantenimiento rutinario. En el siguiente cuadro se muestra los datos obtenidos sobre este puente.

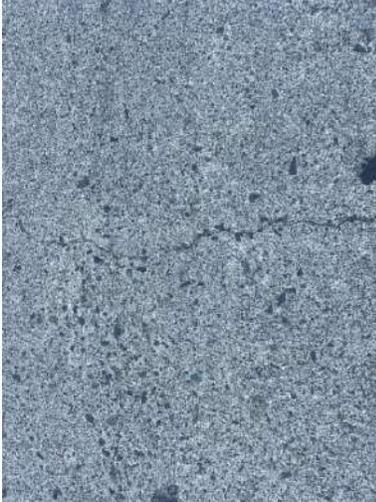
CUADRO 16. INFORMACIÓN DEL PUENTE MCAR029	
Nombre de la Estructura	Puente sobre Río Toyogres
Código de Identificación	MCAR029
Institución Propietaria	Municipalidad de Cartago
Ubicación	
Provincia	Cartago
Cantón	Cartago
Distrito	Dulce Nombre
Ruta N°	30105000
Tipo de Ruta	Cantonal
Kilometro	2,32
Latitud Norte	09° 50.0' 37.3"
Latitud Oeste	83° 54.0' 18.5"
Elementos Básicos	
Superficie de rodamiento	Concreto
Longitud Total	10,6 m
No. de Superestructuras	1
No. de Tramos	1
No. de Subestructuras	2
Servicios Públicos	
Agua	

Al conocer los datos del cuadro anterior, se procede a analizar la inspección e informe realizados para el mismo. Cabe aclarar que estos documentos fueron realizados, según se constan, el 25 de octubre de 2021 y el 07 de diciembre de 2021 respectivamente. Es por esto por lo que la información recolectada se basa en los daños al puente hasta esas fechas mencionadas. Cualquier daño reciente tendrá que ser analizado en una inspección futura. A continuación, se muestra un cuadro con una recopilación de los tipos daños constatados en la inspección visual en cada elemento de la estructura del puente, así como su grado de daño y una descripción de este.

CUADRO 17. DAÑOS CONSTATADOS EN LA ESTRUCTURA MCAR029			
Ubicación	Tipo de Daño	Grado de daño	Descripción
Losa	Grietas en una dirección	En muchos lugares	Grietas de hasta 1,0 mm de espesor
	Grietas en dos direcciones	En muchos lugares	Grietas de hasta 1,5 mm de espesor
Viga principal de Concreto	Descaramiento	En pocos lugares	Inicio de descaramiento en sitio de la viga

Como se evidencio anteriormente, el puente presenta algunos daños, específicamente en la losa y la viga principal. También se constató en el informe un faltante en elementos como guardavías y señalización horizontal reflectiva. A continuación, se muestran, con fotografías tomadas en la inspección de la estructura, estos daños y faltantes:

Figura 21. *Grietas en una dirección en la losa del puente MCAR029*



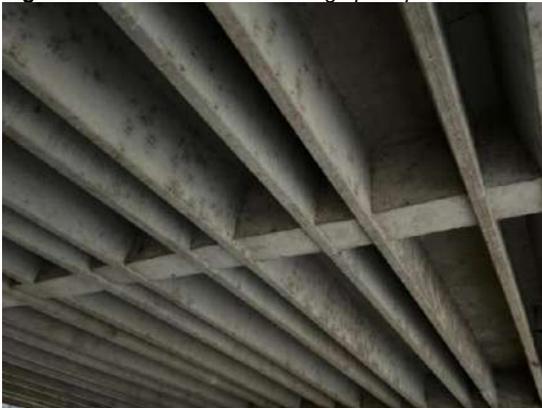
Fuente: Programa de Evaluación de Estructuras de Puentes, 2021

Figura 22. *Grietas en dos direcciones en la losa del puente MCAR029*



Fuente: Programa de Evaluación de Estructuras de Puentes, 2021

Figura 23. *Descaramiento en la viga principal de concreto del puente MCAR029*



Fuente: Programa de Evaluación de Estructuras de Puentes, 2021

Figura 24. Faltante de guardavía en el puente MCAR029



Fuente: Programa de Evaluación de Estructuras de Puentes, 2021

Figura 25. Faltante de señalización horizontal reflectiva en el puente MCAR029



Fuente: Programa de Evaluación de Estructuras de Puentes, 2021

Con toda esta información recopilada, se procede a realizar el plan de intervención para la estructura. En este cuadro se encuentra una lista de actividades sugeridas para el puente en cuestión. Además, se coloca para cada actividad, su código de identificación, su unidad de medida y el precio unitario estimado, sacados directamente de los cuadros 7 y 8, del objetivo 03 de este documento.

CUADRO 18. LISTA DE ACTIVIDADES DE INTERVENCIÓN EN EL PUENTE MCAR029			
Código	Actividad	Unidad	Precio Unitario Estimado
AC01	Limpieza general del puente	m ²	Ⱶ7 192,62
AC02	Limpieza de los cauces para prevenir la socavación	m ³	Ⱶ13 153,47
AC03	Limpieza de drenajes	ml	Ⱶ6 221,43
AC09	Reparación de grietas lineales en losa y elementos de concreto	ml	Ⱶ4 792,27
AC11	Colocación y reparación de guardavías	unidad	Ⱶ134 779,81
AC14	Colocación y reparación de dispositivos reflectivos en la superficie de rodamiento	unidad	Ⱶ6 721,49
AC19	Reparación del descascaramiento	m ²	Ⱶ40 255,05

Puente MCAR034

En segundo lugar, otro de los puentes escogidos es el puente código MCAR034, el cual cruza sobre el río Toyogres, en él se deben realizar una intervención en la estructura de tipo mantenimiento correctivo, esto debido a su calificación en el índice BCI. En el siguiente cuadro se muestra la información obtenida sobre este puente.

CUADRO 19. INFORMACIÓN DEL PUENTE MCAR034	
Nombre de la Estructura	Puente sobre Río Toyogres
Código de Identificación	MCAR034
Institución Propietaria	Municipalidad de Cartago
Ubicación	
Provincia	Cartago
Cantón	Cartago
Distrito	Dulce Nombre
Ruta No.	30114400
Tipo de Ruta	Cantonal
Kilometro	0,714
Latitud Norte	09° 50.0' 55.3"
Latitud Oeste	83° 54.0' 21.7"
Elementos Básicos	
Superficie de rodamiento	Asfalto
Longitud Total	6,0 m
No. de Superestructuras	1
No. de Tramos	1
No. de Subestructuras	2
Servicios Públicos	
Agua	
Telecomunicaciones	
Otros	

Al conocer los datos del cuadro anterior, se procede a análisis de la inspección e informe realizados a la estructura. Se debe tener en cuenta que la inspección visual y el informe de inventario e inspección visual de daños fueron realizados, según se verifico, el 25 de octubre de 2021 y el 07 de diciembre de 2021 respectivamente. Con esto sabemos que la información recolectada se basa en los daños al puente hasta esas fechas mencionadas por lo que cualquier daño que haya ocurrido después de esa fecha tendrá que ser analizado en una inspección futura. A continuación, se muestra un cuadro recopilatorio de los tipos daños constatados en los documentos anteriormente mencionados, además de mencionar el daño en cada elemento de la estructura del puente, así como su grado de daño y una descripción de estos.

CUADRO 20. DAÑOS CONSTATADOS EN LA ESTRUCTURA MCAR034			
Ubicación	Tipo de Daño	Grado del Daño	Descripción
Pavimento	Sobre capas de asfalto	En la mayoría de las partes	Más de una sobre capa con un espesor de 100 mm
Losa	Grietas en una dirección	En muchos lugares	Grietas mayores a 0,2 mm en intervalos de más de 1 m
	Grietas en dos direcciones	En muchos lugares	Grietas menores a 0,2 mm en intervalos de menos de 0,5 m

CUADRO 20. DAÑOS CONSTATADOS EN LA ESTRUCTURA M CAR034

Ubicación	Tipo de Daño	Grado del Daño	Descripción
	Descaramiento	En muchos lugares	Descaramiento crecido en donde se expone acero de refuerzo
	Acero de refuerzo	En la mayoría de las partes	Refuerzo expuesto y con reducción de la sección en la losa
	Nidos de piedra	En pocos lugares	Nidos de piedra en algunos sitios
	Eflorescencia	En pocos lugares	Pequeñas manchas blancas en algunos sitios
Viga principal de concreto	Grietas en una dirección	En muchos lugares	se observó grietas mayores a 0,2 mm en intervalos de más de 1 m en viga losa
	Descaramiento	En muchos lugares	Descaramiento crecido en donde se expone acero de refuerzo en vigas principales y en el borde de la viga losa
	Acero de refuerzo	En la mayoría de las partes	Refuerzo expuesto y con reducción de la sección en la viga losa, vigas principales, acero longitudinal y aros de confinamiento de las vigas
	Nidos de piedra	En muchos lugares	Más de diez nidos de piedra en la viga losa
	Eflorescencia	En pocos lugares	Pequeñas manchas blancas en algunos sitios
Viga diafragma de concreto	Eflorescencia	En pocos lugares	Pequeñas manchas blancas
Pared Cabezal y Aletones (Bastiones)	Grietas en una dirección	En muchos lugares	Grietas mayores a 0,2 mm en intervalos de más de 1 m
	Descaramiento	En pocos lugares	Principio de descascaramiento en algunas partes a nivel de fundación
	Nidos de piedra	En muchos lugares	Más de diez nidos de piedra
	Eflorescencia	En pocos lugares	Pequeñas manchas blancas en algunos sitios
	Protección de terraplén	En muchos lugares	Talud de relleno de aproximación ligeramente colapsado. Pérdida de relleno detrás del aletón del bastión de margen izquierda ubicado aguas arriba, ya que el caudal del río impacta directamente
Cuerpo principal (Bastión)	Grietas en una dirección	En muchos lugares	Grietas mayores a 0,2 mm en intervalos de más de 1 m. También se observa una grieta a nivel de los apoyos de las vigas que se extiende hasta el aletón
	Descaramiento	En muchos lugares	Descascaramiento en algunas partes donde se observa desgaste superficial por abrasión en los bastiones de concreto
	Eflorescencia	En pocos lugares	Pequeñas manchas blancas en algunos sitios
	Socavación	La fundación aparece por la socavación	Socavación en la fundación, inclusive por debajo de las fundaciones de los bastiones y aletones

Posteriormente, con base en el cuadro anterior, el puente presenta numerables daños, en varias partes de este. También se constata en el informe un faltante en elementos como guardavías, señalización vertical y señalización horizontal reflectiva. A continuación, se muestran, con fotografías tomadas en la inspección visual, estos daños y faltantes:

Figura 26. *Sobre capas de asfalto en la losa del puente MCAR034*



Fuente: Programa de Evaluación de Estructuras de Puentes, 2021

Figura 27. *Grietas en una dirección en la losa del puente MCAR034*



Fuente: Programa de Evaluación de Estructuras de Puentes, 2021

Figura 28. *Grietas en dos direcciones en la losa del puente MCAR034*



Fuente: Programa de Evaluación de Estructuras de Puentes, 2021

Figura 29. Descaramiento en la losa del puente MCAR034



Fuente: Programa de Evaluación de Estructuras de Puentes, 2021

Figura 30. Acero de refuerzo expuesto en la losa y viga principal de concreto del puente MCAR034



Fuente: Programa de Evaluación de Estructuras de Puentes, 2021

Figura 31. Nidos de piedra en la losa y viga principal de concreto del puente MCAR034



Fuente: Programa de Evaluación de Estructuras de Puentes, 2021

Figura 32. *Eflorescencia en la losa y viga principal de concreto del puente MCAR034*



Fuente: Programa de Evaluación de Estructuras de Puentes, 2021

Figura 33. *Grietas en sola dirección en la viga principal de concreto del puente MCAR034*



Fuente: Programa de Evaluación de Estructuras de Puentes, 2021

Figura 34. *Descaramiento en la viga principal de concreto del puente MCAR034*



Fuente: Programa de Evaluación de Estructuras de Puentes, 2021

Figura 35. *Grietas en sola dirección en el bastión MCAR034*



Fuente: Programa de Evaluación de Estructuras de Puentes, 2021

Figura 36. *Descaramiento en el bastión del puente MCAR034*



Fuente: Programa de Evaluación de Estructuras de Puentes, 2021

Figura 37. *Eflorescencia en el bastión del puente MCAR034*



Fuente: Programa de Evaluación de Estructuras de Puentes, 2021

Figura 38. Socavación en el bastión del puente MCAR034



Fuente: Programa de Evaluación de Estructuras de Puentes, 2021

Figura 39. Faltante de señalización vertical y señalización horizontal reflectiva en el puente MCAR034



Fuente: Programa de Evaluación de Estructuras de Puentes, 2021

A partir de esta recopilación de información, se procede a realizar el plan de intervención para la estructura. En el cuadro se encuentra una lista de actividades sugeridas para el puente en cuestión. Además, se coloca para cada actividad, su código de identificación, su unidad de medida y el precio unitario estimado, obtenidos directamente de los cuadros 7, 8 y 9 del objetivo 03 de este documento.

CUADRO 21. LISTA DE ACTIVIDADES DE INTERVENCIÓN PUENTE MCAR034			
Código	Actividad	Unidad	Precio Unitario Estimado
AC01	Limpieza general del puente	m ²	∅7 192,62
AC02	Limpieza de los cauces para prevenir la socavación	m ³	∅13 153,47
AC03	Limpieza de drenajes	ml	∅6 221,43
AC06	Remoción de la eflorescencia del concreto	m ²	∅5 715,03
AC09	Reparación de grietas lineales en losa y elementos de concreto	ml	∅4 792,27
AC10	Reparación de grietas lineales en el bastión y aletones de concreto	ml	∅5 508,28
AC12	Colocación y reparación de la pintura de señalización horizontal	ml	∅2 563,87
AC13	Colocación y reparación de la señalización vertical	Unidad	∅105 049,33
AC14	Colocación y reparación de dispositivos reflectivos en la superficie de rodamiento	Unidad	∅6 721,49
AC15	Reparación del acero expuesto	m ²	∅65 646,70

CUADRO 21. LISTA DE ACTIVIDADES DE INTERVENCIÓN PUENTE MCAR034			
Código	Actividad	Unidad	Precio Unitario Estimado
AC18	Reparación de nidos de piedra	m ²	Ø95 209,61
AC19	Reparación del descascamiento	m ²	Ø40 255,05
AC20	Protección en el talud del bastión/aletones/pilas	m ³	Ø44 725,66
AC22	Remoción de sobre capas de pavimento	m ²	Ø15 832,13
AC23	Recarpeteo de concreto asfáltico en la superficie de rodamiento	m ²	Ø32 568,06
AC24	Reparación de la socavación en el bastión/aletones/pilas	m ³	Ø71 432,16

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

- Se realizó un análisis detallado de todos los puentes pertenecientes al cantón de Cartago, de acuerdo con el índice estructural BCI. En este se encontró lo siguiente:
 1. De los cuarenta y cinco puentes analizados, dos se encuentran en una condición deficiente, siete poseen una calificación de insatisfactorio, veinte cinco tienen una calificación de aceptable y, por último, once puentes obtienen una calificación de satisfactorio.
 2. Las alarmas en las estructuras de puentes nos muestran que, el 11% de los elementos analizados tienen alarmas en la superestructura, 16% en la subestructura y el 31% en los apoyos de los puentes.
- Se investigaron varios métodos de intervención en estructuras de puentes, a través de un estado del arte, en el que se recopiló información necesaria para la elaboración de este trabajo, esto con la ayuda de fuentes nacionales e internacionales.
- Se consiguió elaborar una categorización los puentes del cantón de Cartago por tipo de intervención, en donde se obtuvieron los siguientes resultados:
 1. Para la categorización se escogieron cuatro categorías de intervención de estructuras de puentes: mantenimiento rutinario, mantenimiento correctivo, rehabilitación y sustitución.
 2. Cada puente fue analizado y categorizado de acuerdo con su índice BCI. De todas las estructuras de puentes estudiadas se encontró que en tres de ellas se recomendó una intervención de tipo sustitución, cuatro se sugirió una rehabilitación, veintiocho necesitan un mantenimiento correctivo y, por último, diez de los puentes requieren de un mantenimiento rutinario.
 3. A partir de estos tipos de intervención, se investigó y recopiló una lista precios unitarios para materiales y actividades correspondientes a cada categoría.
- Se alcanzó a desarrollar una guía de intervención general para todos los puentes del cantón de Cartago, la cual tiene como fin, servir de orientación a la Municipalidad de Cartago para la realización, en el futuro, de obras de intervención de estructuras de puentes, en donde se mencionan aspectos como lista de actividades de intervención, precios unitarios estimados y un plan presupuestario decenal.
- Se logró establecer un plan de intervención específico para dos estructuras de puentes del cantón de Cartago, en donde se dispuso lo siguiente:
 1. Se escogieron dos estructuras, el MCAR029 y el MCAR034, los cuales poseen los tipos de intervención más recurrentes en el análisis de resultados, el mantenimiento rutinario y mantenimiento correctivo respectivamente.
 2. Para cada estructura de puente se colocaron tres cuadros correspondientes a la información de este, los daños constatados en el informe de la inspección visual y la lista de actividades de intervención para cada estructura con su respectivo precio unitario estimado.
 3. Este plan tiene como meta servir de base a la Municipalidad de Cartago, para elaborar específicamente las obras de intervención de estructuras para cada puente del cantón.

Recomendaciones

- Se recomienda, a todas las entidades encargadas por el funcionamiento y mantenimiento de los puentes, que mejoren su respuesta ante el estado de estos, ya que, si no se intervienen estas estructuras en un tiempo adecuado, las mismas pueden llegar a tener una condición estructural grave y, con ello, se puede llegar a poseer condiciones adversas que van desde malas condiciones de seguridad ante los usuarios hasta la afectación del tránsito de vehículos.
- Se recomienda que las entidades gubernamentales, de alcance nacional y local, posean en su Presupuesto de Conservación Vial, un rubro para las intervenciones de estructuras de puentes, esto con el fin de mejorar el estado actual de los puentes y que los mismos pueden llegar a tener una vida útil larga y sin ningún tipo de adversidades.
- Se recomienda que antes de diseñar y ejecutar obras de intervención de puentes en el cantón de Cartago, que se realice una nueva inspección visual de los puentes, ya que la investigación hecha en este trabajo se basa en información de inspecciones realizadas en el año 2021, por lo cual, al momento de realizar el trabajo recomendado, este puede que no refleje la verdadera intervención que necesitan las estructuras.
- Se recomienda tener un inventario de puentes del cantón de Cartago, el cual se aconseja actualizar cada dos años como máximo; esto con el fin de monitorear, de manera constante, el estado actual de los puentes.
- Se recomienda ejecutar, a manera de urgencia, las obras de intervención en los puentes cuya recomendación, por su índice BCI, dio como resultado sustitución o rehabilitación, esto con el propósito de no dañar la seguridad de los usuarios de estas estructuras, así como no afectar el tránsito sobre las vías donde se encuentran estos puentes.
- Se recomienda investigar, en específico, sobre actividades de intervención de puentes cuyo rubro implique rehabilitación o sustitución, ya que estas obras son específicas para cada puente y requieren de un amplio estudio.
- Se recomienda investigar sobre precios unitarios específicos para actividades de intervención de puentes, ya que la información disponible actualmente para este rubro es muy escasa y no refleja de una manera completa los precios reales que implican los trabajos de mantenimiento en puentes.
- Se recomienda tomar en cuenta otros indicadores, además del empleado en este documento, a la hora de realizar algún de intervención en un puente, ya que este solo evidencia la condición estructural de los puentes y no refleja otros aspectos que pueden influir en su intervención final.
- Se recomienda que en futuras investigaciones o fases se complemente y amplíe el estudio actual incluyendo un análisis exhaustivo de las condiciones hidrológicas e hidráulicas, así como de las condiciones de tránsito. Esto permitiría tener una visión más completa del proyecto y tomar decisiones más informadas en cuanto a su diseño y construcción.
- Se recomienda examinar y verificar si los puentes estudiados en este trabajo cumplen con los códigos de construcción actuales y si cuentan con las capacidades de carga y los estándares de geotecnia necesarios. Esto es crucial para garantizar la seguridad y durabilidad de los puentes, así como para cumplir con los requisitos legales y regulaciones actuales. Se sugiere llevar a cabo una evaluación exhaustiva de estos factores y considerarlos en la toma de decisiones relacionadas con el diseño y la construcción de los puentes. De esta forma, se podrá asegurar una solución óptima y sostenible a largo plazo.

Referencias bibliográficas

- Asamblea Legislativa. (2015, 15 octubre). *Ley Especial para la Transferencia de Competencias: Atención Plena y Exclusiva de la Red Vial Cantonal*. Sistema Costarricense de Información Jurídica. Recuperado 25 de agosto de 2022, de http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=80581&nValor3=115260&strTipM=TC
- Barahona Navarro, W. (2021). Mantenimiento de puentes según demanda. En *Sistema Integrado de Compras Públicas (SICOP)* (S-UT-039-2021). https://www.sicop.go.cr/moduloPcont/pcont/ctract/es/CE_SCJ_GSQ003_C.jsp?isPopup=Y&contract_req_no=SC202109003592
- Centro de Investigación en Vivienda y Construcción. (2021). Herramienta para gestión de puentes de la Municipalidad de Cartago. Microsoft Power BI.
- Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias & Municipalidad de Alajuela. (2022). Reconstrucción del puente sobre el Río Ciruelas en la comunidad de Calle El Urbano, Guácima - San Antonio. En *Sistema Integrado de Compras Públicas (SICOP)* (No 2022CE-000040-0006500001). https://www.sicop.go.cr/moduloPcont/pcont/ctract/es/CE_SCJ_GSQ003_C.jsp?isPopup=Y&contract_req_no=SC202210004725
- Consejo Nacional de Vialidad. (1998, 30 abril). *Ley de Creación del Consejo de Vialidad (CONAVI)*. Sistema Costarricense de Información Jurídica. Recuperado 25 de agosto de 2022, de http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=44660&nValor3=0&strTipM=TC
- Consejo Nacional de Vialidad. (2021, 3 marzo). *Ley para la intervención de rutas cantonales por parte del Consejo Nacional de Vialidad*. Sistema Costarricense de Información Jurídica. Recuperado 25 de agosto de 2022, de http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=94066&nValor3=125091&strTipM=TC&IResultado=2&nValor4=1&strSelect=sel
- Dirección General de Servicios Técnicos. (2018). *Manual para Conservación de Puentes y Estructuras Similares*. Secretaría de Comunicaciones y Transportes: Manuales. Recuperado 13 de octubre de 2022, de <https://www.sct.gob.mx/carreteras/direccion-general-de-servicios-tecnicos/normativa/manuales/>
- Garita, C., Ortiz, G., & Mora-Mora, J. (2018). Análisis de requerimientos para un sistema nacional de monitoreo de puentes. *Revista Tecnología en Marcha*, 31(4), 63–74. <https://doi.org/10.18845/tm.v31i4.3965>

- Gómez Aguilar, J. (2020, 23 octubre). *¿Qué son activos viales y por qué es importante su gestión?* TEC. Recuperado 3 de agosto de 2022, de <https://www.tec.ac.cr/noticias/son-activos-viales-importante-sugestion>
- Gutiérrez Solís, P. & Salazar Brenes, K. (2019, diciembre). *Propuesta de actividades de intervención y costos unitarios para la atención de los daños de la Red de Puentes de El Guarco*. Repositorio TEC. Recuperado 28 de septiembre de 2022, de <https://hdl.handle.net/2238/11196>
- Matute Rubio, L. & Pulido Sánchez, I. (2012, febrero). *Medidas Eficientes en la Conservación de Puentes*. IDEAM. Recuperado 29 de septiembre de 2022, de <http://www.ideam.es/wp-content/uploads/2017/03/Conservaci%C3%B3n-Puentes.pdf>
- Ministerio de Obras Públicas y Transportes. (2007). *MANUAL DE INSPECCION DE PUENTES*. https://www.mopt.go.cr/wps/wcm/connect/31625228-76c4-44cf-963e-8d8b31540a79/manual_inspeccion2007.pdf?MOD=AJPERES
- Ministerio de Obras Públicas y Transportes. (2015, 31 agosto). *MANUAL DE ESPECIFICACIONES GENERALES PARA LA CONSERVACIÓN DE CAMINOS, CARRETERAS Y PUENTES MCV-2015*. Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LANAMME). <https://www.lanamme.ucr.ac.cr/repositorio/bitstream/handle/50625112500/847/Manual+MCV-2015+Oficial.pdf?sequence=1>
- Ministerio de Obras Públicas y Transportes. (2022, 23 marzo). *CR-2020 Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes*. Repositorio Digital. <http://repositorio.mopt.go.cr:8080/xmlui/handle/123456789/4694;jsessionid=004AB3519A580EC41E583011DFDA879F>
- Municipalidad de Curridabat. (2013, 3 octubre). *Sistema Costarricense de Información Jurídica*. Procuraduría General de la Republica. Recuperado 25 de agosto de 2022, de http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_articulo.aspx?param1=NRA&nValor1=1&nValor2=76205&nValor3=103840&nValor5=155
- Murillo Madrigal, J. A., & Castillo Barahona, R. (2017, 31 octubre). *El sistema informático para la administración de estructuras de puentes de Costa Rica (SAEP)*. LANAMME UCR. Recuperado 3 de agosto de 2022, de <https://www.lanamme.ucr.ac.cr/repositorio/handle/50625112500/871>
- National Highway Institute (NHI). (2019). *Bridge Preservation Fundamentals*. National Highway Institute. Recuperado 29 de septiembre de 2022, de https://www.nhi.fhwa.dot.gov/course-search?course_no=130106A&sf=1
- Obando Leiva, J. A. (2021, abril). *Priorización para la conservación de los puentes en las rutas nacionales 2 y 10 correspondientes a la zona de conservación vial 1-7 de Cartago*. Repositorio TEC. Recuperado 28 de septiembre de 2022, de <https://hdl.handle.net/2238/12463>
- Ortiz-Quesada, G., Garita-Rodríguez, C., Navarro-Mora, A., & Páez, G. (2021). *Priorización de intervenciones en puentes utilizando indicadores*. *Revista Tecnología En Marcha*, 34(3), Pág. 134–142. <https://doi.org/10.18845/tm.v34i3.5120>
- Ortiz Quesada, G., & Winiker Pérez, T. (2022). *Guía Técnica para el Mantenimiento de Puentes (1.a ed.)*. Tecnológica de Costa Rica. Recuperado 28 de septiembre de 2022, de <https://hdl.handle.net/2238/11018>

Piedra y Ureña Asesores Financieros y Constructores S.A. & Municipalidad de El Guarco. (2021). Mantenimiento de puentes según demanda. En *Sistema Integrado de Compras Públicas (SICOP)* (2021CD-000130-0012000001).
https://www.sicop.go.cr/moduloOferta/servlet/search/EP_SEV_COQ622?isPopup=Y&fromESFlag=Y&cartelNo=20211000402&cartelSeq=00&cartelCate=1

United States Department of Transportation, Federal Highway Administration. (2018). *Bridge Preservation Guide*. United States Department of Transportation, Federal Highway Administration.

Apéndices

Los apéndices que se presentan corresponden a:

1. Guía de intervención general para los puentes de la Red Vial Cantonal del cantón de Cartago.
2. Plan de intervención para los puentes MCAR029 y MCAR034.



GUÍA DE INTERVENCIÓN GENERAL PARA LOS PUENTES DE LA RED VIAL CANTONAL DEL CANTÓN DE CARTAGO

MATÍAS JOSÉ BLANCO LEÓN
LAURA DANIELA FALLAS MORA

Desarrollado como parte del Trabajo Final de Graduación
para optar por el grado de
Licenciatura en Ingeniería en Construcción

noviembre del 2022

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN

Contenido

Alcance.....	2
Componentes de los puentes	2
Índice de Condición Estructural	3
Tipos de Intervención.....	3
Intervención recomendada para cada puente	4
Plan decenal para la ejecución de intervenciones.....	5
Actividades de Intervención	8
Costos Unitarios.....	11
Bibliografía	14

Alcance

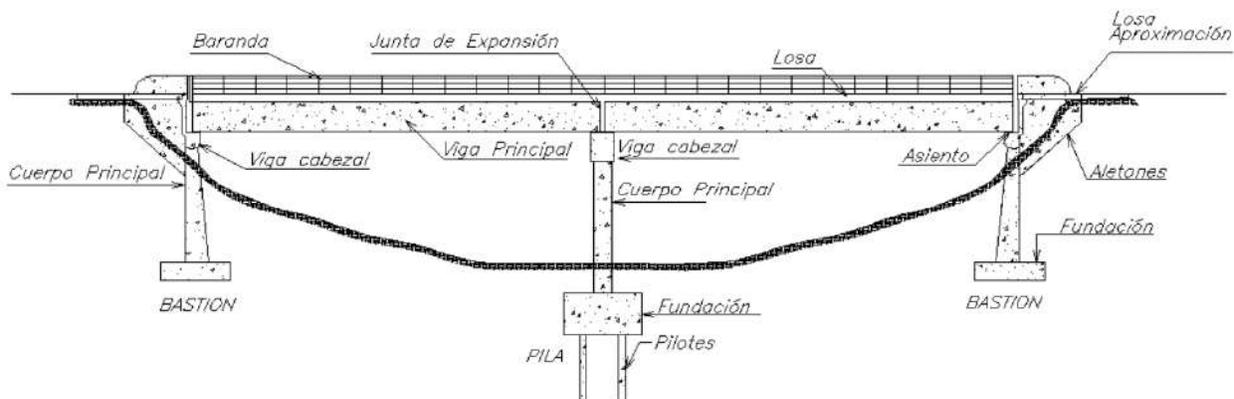
Identificar el tipo de intervención recomendado en los 45 puentes pertenecientes a la Red Vial Cantonal del cantón de Cartago con el fin de contrarrestar los daños presentes. Para lograrlo se realizó un análisis de los informes de inspección suministrados por el Programa de Evaluación de Puentes del Centro de Investigación de Vivienda y Construcción. Finalmente se indican las actividades que se deben llevar a cabo para solucionar los problemas presentes en general.

Es importante destacar que esta guía se enfoca en el análisis de las estructuras de puentes. Aunque se han abordado aspectos críticos en cuanto a la estructura y los materiales, algunos temas relevantes como las condiciones hidrológicas e hidráulicas, las condiciones de tránsito, la verificación de cumplimiento con los códigos de construcción actuales, la capacidad de carga y la geotecnia, han quedado fuera del alcance de este trabajo. No obstante, se espera que esta investigación proporcione una base sólida para futuras investigaciones que aborden estos temas importantes.

Componentes de los puentes

De acuerdo con el Manual de Inspección de Puentes del Ministerio de Obras Públicas y Transportes (2007) un puente se define como “estructura construida para salvar un cauce o extensión de agua como una quebrada, río, canal, lago, bahía, etc.”

Figura 1. Elementos principales de los puentes



Fuente: Ministerio de Obras Públicas y Transportes, 2007

Conforme al Ministerio de Obras Públicas y Transportes (2007), los componentes de los puentes se dividen en cuatro categorías:

1. Accesorios: Son elementos sin función estructural, pero necesarios para el buen desempeño del puente como las juntas de expansión, superficie de rodamiento y barandas.
2. Superestructura: Se conforma por el piso, elementos principales como vigas, cerchas y arco, además de los elementos secundarios.
3. Subestructura: se compone de los apoyos, los bastiones y las pilas.
4. Accesos de aproximación: corresponde a la losa de aproximación y los rellenos.

Accesorios

- Juntas de expansión: Son elementos colocados al inicio y final de cada superestructura para permitir el movimiento por contracción o expansión a partir de cambios de temperatura o sismos. Se puede catalogar en juntas abiertas y juntas selladas, juntas de placas de acero deslizante y junta de placas dentadas. El uso de estos depende del tamaño máximo de los desplazamientos presentes en la superestructura.
- Superficie de rodamiento: es una capa de desgaste colocada para proteger la losa, su espesor puede variar de 2,54 cm a 5 cm y son diseñadas con asfalto o concreto.

- Baranda: es un sistema de contención para evitar la caída al vacío de quienes lo utilizan.

Superestructura

- Sistema de piso: también es conocido como losa, su función es trasladar la carga viva que circula sobre ella hacia los elementos principales de la superestructura.
- Elementos secundarios: se encargan de distribuir las cargas, generar mayor rigidez lateral y torsional, para evitar que los elementos principales se deformen.
- Elementos principales: soporta las cargas transferidas y las trasmite a la subestructura mediante los apoyos.

Subestructura

- Apoyos: De acuerdo con el Ministerio de Obras Públicas y Transportes (2007), estos son sistemas mecánicos que transmiten las cargas verticales de la superestructura a la subestructura. Las funciones principales de estos elementos son el garantizar los grados de libertad del diseño de la estructura, así como traslación por expansión o contracción térmica o sismo y la rotación causada por la deflexión de la carga muerta y la carga viva. Existen tres tipos de apoyos.
 1. Expansión: permite una rotación y traslación en sentido longitudinal.
 2. Fijo: permite la rotación de la estructura y restringe el movimiento de traslación.
 3. Rígido o empotrado: este restringe cualquier tipo de movimiento, ya sea traslación o rotación en la estructura.
- Bastiones: Según el Ministerio de Obras Públicas y Transportes (2007), estos son elementos que funcionan como apoyo en los extremos de una superestructura y, al estar en contacto con los rellenos de aproximación de la estructura, estos absorben el empuje producido por el empuje del terreno. Se componen de aletones, viga cabezal, cuerpo principal y fundación. Existen varios tipos de bastiones tales como de gravedad, voladizo, marco, muro, cabezal, tierra armada.
- Pilas: conforme al Ministerio de Obras Públicas y Transportes (2007), estas son estructuras que sirven de apoyos intermedios a la superestructura. Las pilas se componen de viga cabezal, cuerpo principal y fundación. Algunos tipos de pilas existen son de muro, marco, columna sencilla y columna múltiple.

Índice de Condición Estructural

Los puentes se pueden calificar mediante la condición estructural. Los autores Ortiz Quesada et al. (2021) propusieron un Índice de Condición Estructural, también conocido como BCI por su acrónimo en inglés. Su finalidad es generar un indicador a partir de los daños en accesorios, superestructura y subestructura. Se le otorga un peso ponderado de 5% a daños en accesorios, 45% en daños en superestructura y 50% en daños en subestructura, el resultado corresponde al BCI. Se aclara que la escala valores utilizada en este índice fue propuesta específicamente para su uso en Costa Rica.

A partir de este indicador se puede decidir el tipo de intervención a realizar a la estructura, como se observa en el cuadro 1.

CUADRO 1. PUNTAJE DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN ESTRUCTURAL	
Puntaje	Tipo de Intervención
1-2	Mantenimiento rutinario
2-3	Mantenimiento correctivo
3-4	Mantenimiento correctivo o rehabilitación
> 4	Rehabilitación o sustitución

Tipos de Intervención

- Mantenimiento: según la Federal Highway Administration (2018), este se define como el trabajo que se realiza para mantener la condición de un sistema de transporte o, también, la respuesta a condiciones o eventos específicos que restablecen la vía a un estado funcional de operaciones.

- Mantenimiento rutinario: la Federal Highway Administration (2018) expresa que se refiere a todo trabajo realizado por temporadas, como respuesta a un evento o actividades realizadas por necesidades operativas en un corto plazo, las cuales no poseen valor de conservación. Además, este tipo de trabajo requiere atención periódica recurrente.
- Mantenimiento correctivo: de acuerdo con Ortiz Quesada y Winiker Pérez (2022) este se define como las actividades que se deben programar de acuerdo con las necesidades específicas de cada elemento en revisión. Esto se debe identificar en el proceso de inspección visual de puentes.
- Rehabilitación: según la Federal Highway Administration (2018) este se refiere a las actividades requeridas para la restauración de la integridad estructural de un puente, así como el trabajo necesario para corregir los principales defectos de seguridad de este.
- Sustitución: este, de acuerdo con la Federal Highway Administration (2018), se define como la sustitución total de un puente existente por una nueva estructura construida en el mismo lugar donde se ubicó la antigua instalación.

Intervención recomendada para cada puente

Se generó una clasificación de los puentes a partir del análisis del Índice de Condición Estructural (BCI) y de las alertas reportadas por el Programa de Evaluación de Puentes en los apoyos, en la subestructura y en la superestructura de los puentes. El BCI puede variar entre una nota del uno a cinco (1-5) y la cantidad de alertas se asigna entre una puntuación de cero a tres (0-3).

Para determinar el orden de intervención, se clasificaron los puentes mediante una puntuación del cero a cien (0-100) y se le otorgo un valor de 85 puntos según el BCI. Por otro lado, al conjunto de alertas se le asignaron los 15 puntos restantes. Obtenida la suma de estas dos notas, se asigna un nivel de priorización de forma ascendente, en donde el puente con mayor puntaje obtenido es el que tiene el mayor nivel de priorización. Sumado a esto, se realizó revisión de los informes de inspección para corroborar su tipo de intervención o aumentar su categoría.

CUADRO 2. ORDEN DE PRIORIZACIÓN DE INTERVENCIÓN		
Posición de priorización de intervención	Código del puente	Intervención recomendada
1	MCAR040	Sustitución
2	MCAR044	Sustitución
3	MCAR035	Rehabilitación
4	MCAR024	Rehabilitación
5	MCAR014	Mantenimiento correctivo
6	MCAR004	Sustitución
7	MCAR041	Mantenimiento correctivo
8	MCAR020	Rehabilitación
9	MCAR032	Mantenimiento correctivo
10	MCAR026	Mantenimiento correctivo
11	MCAR010	Rehabilitación
12	MCAR016	Mantenimiento correctivo
13	MCAR007	Mantenimiento correctivo
14	MCAR013	Mantenimiento correctivo
15	MCAR009	Mantenimiento correctivo
16	MCAR001	Mantenimiento correctivo
17	MCAR038	Mantenimiento correctivo
18	MCAR031	Mantenimiento correctivo
19	MCAR011	Mantenimiento correctivo
20	MCAR034	Mantenimiento correctivo
21	MCAR019	Mantenimiento correctivo
22	MCAR012	Mantenimiento correctivo
23	MCAR021	Mantenimiento correctivo

CUADRO 2. ORDEN DE PRIORIZACIÓN DE INTERVENCIÓN		
Posición de priorización de intervención	Código del puente	Intervención recomendada
24	MCAR008	Mantenimiento correctivo
25	MCAR043	Mantenimiento correctivo
26	MCAR015	Mantenimiento correctivo
27	MCAR036	Mantenimiento correctivo
28	MCAR046	Mantenimiento correctivo
29	MCAR017	Mantenimiento correctivo
30	MCAR028	Mantenimiento correctivo
31	MCAR006	Mantenimiento correctivo
32	MCAR045	Mantenimiento correctivo
33	MCAR037	Mantenimiento rutinario
34	MCAR003	Mantenimiento correctivo
35	MCAR033	Mantenimiento rutinario
36	MCAR042	Mantenimiento correctivo
37	MCAR022	Mantenimiento correctivo
38	MCAR023	Mantenimiento rutinario
39	MCAR025	Mantenimiento rutinario
40	MCAR030	Mantenimiento rutinario
41	MCAR029	Mantenimiento rutinario
42	MCAR027	Mantenimiento rutinario
43	MCAR018	Mantenimiento rutinario
44	MCAR039	Mantenimiento rutinario
45	MCAR005	Mantenimiento rutinario

Plan decenal para la ejecución de intervenciones

Un elemento fundamental para la realización de una guía de intervención de puentes es la planificación de esta, es por ello por lo que se realizó un plan decenal, es decir, un plan a diez años plazo para la ejecución de las obras de intervención de puentes del cantón central de Cartago. Se escogió un tiempo de diez años ya que es el tiempo se cree factible para intervenir los cuarenta y cuatro puentes pertenecientes al cantón de Cartago, además de establecer un orden para cada trabajo a ejecutar.

Para esto se elaboró el siguiente cuadro en el cual se colocó cada una de las estructuras a intervenir, su posición de priorización de intervención, en donde se situó de primero los puentes que necesitan una intervención urgente, es decir, los puentes con un puntaje BCI alto y una intervención recomendada de sustitución y rehabilitación en ese orden, su código de identificación, la intervención sugerida, un aproximado de duración para cada puente de los trabajos a realizar y el año propuesto para la ejecución de los trabajos, comenzando en el año 2023, ya que el año de entrega de este documento es el año 2022.

CUADRO 3. PLAN DE EJECUCIÓN DECENAL				
Posición de priorización de intervención	Código del puente	Intervención recomendada	Duración aproximada de la intervención	Año propuesto para ejecutar
1	MCAR040	Sustitución	4 meses	2023
2	MCAR044	Sustitución	5 meses	2023
3	MCAR035	Rehabilitación	2 meses	2023
4	MCAR024	Rehabilitación	2 meses	2024
5	MCAR014	Mantenimiento correctivo	1 mes	2024
6	MCAR004	Sustitución	4 meses	2024
7	MCAR041	Mantenimiento correctivo	1 mes	2024

CUADRO 3. PLAN DE EJECUCIÓN DECENAL				
Posición de priorización de intervención	Código del puente	Intervención recomendada	Duración aproximada de la intervención	Año propuesto para ejecutar
8	MCAR020	Rehabilitación	3 meses	2025
9	MCAR032	Mantenimiento correctivo	1 mes	2025
10	MCAR026	Mantenimiento correctivo	1 mes y 15 días	2025
11	MCAR010	Rehabilitación	2 meses	2025
12	MCAR016	Mantenimiento correctivo	1 mes	2026
13	MCAR007	Mantenimiento correctivo	1 mes	2026
14	MCAR013	Mantenimiento correctivo	1 mes	2026
15	MCAR009	Mantenimiento correctivo	1 mes y 15 días	2026
16	MCAR001	Mantenimiento correctivo	1 mes y 15 días	2026
17	MCAR038	Mantenimiento correctivo	1 mes	2027
18	MCAR031	Mantenimiento correctivo	22 días	2027
19	MCAR011	Mantenimiento correctivo	1 mes	2027
20	MCAR034	Mantenimiento correctivo	1 mes	2027
21	MCAR019	Mantenimiento correctivo	1 mes y 15 días	2027
22	MCAR012	Mantenimiento correctivo	1 mes	2028
23	MCAR021	Mantenimiento correctivo	1 mes	2028
24	MCAR008	Mantenimiento correctivo	22 días	2028
25	MCAR043	Mantenimiento correctivo	1 mes	2028
26	MCAR015	Mantenimiento correctivo	1 mes	2028
27	MCAR036	Mantenimiento correctivo	1 mes y 15 días	2029
28	MCAR046	Mantenimiento correctivo	1 mes	2029
29	MCAR017	Mantenimiento correctivo	1 mes	2029
30	MCAR028	Mantenimiento correctivo	22 días	2029
31	MCAR006	Mantenimiento correctivo	1 mes	2029
32	MCAR045	Mantenimiento correctivo	22 días	2030
33	MCAR037	Mantenimiento rutinario	22 días	2030
34	MCAR003	Mantenimiento correctivo	22 días	2030
35	MCAR033	Mantenimiento rutinario	15 días	2030
36	MCAR042	Mantenimiento correctivo	1 mes	2030
37	MCAR022	Mantenimiento correctivo	1 mes	2031
38	MCAR023	Mantenimiento rutinario	22 días	2031
39	MCAR025	Mantenimiento rutinario	22 días	2031
40	MCAR030	Mantenimiento rutinario	22 días	2031
41	MCAR029	Mantenimiento rutinario	15 días	2031
42	MCAR027	Mantenimiento rutinario	22 días	2032
43	MCAR018	Mantenimiento rutinario	22 días	2032
44	MCAR039	Mantenimiento rutinario	22 días	2032
45	MCAR005	Mantenimiento rutinario	15 días	2032

Seguidamente, en el próximo cuadro, se observa el costo de intervención para cada uno de los puentes del cantón de Cartago. En él se encuentra cada estructura de puente con su código de identificación, su tipo de intervención recomendado y su costo de intervención estimado. Este cálculo aproximado fue realizado por el Programa de Evaluación de Estructuras de Puentes (PEEP), el cual se muestra en moneda estadounidense (dólar). Cabe recalcar que, este precio estimado fue realizado en el año 2021, por lo que para dar una aproximación al precio en la actualidad habría que considerar el porcentaje de inflación acumulado a la fecha de ejecución de la obra.

CUADRO 4. COSTO DE INTERVENCIÓN PARA LOS PUENTES		
Código de puente	Intervención recomendada	Costo intervención
MCAR001	Mantenimiento correctivo	\$53 057,24
MCAR003	Mantenimiento correctivo	\$25 341,23
MCAR004	Sustitución	\$23 109,94
MCAR005	Mantenimiento rutinario	\$18 692,57
MCAR006	Mantenimiento correctivo	\$44 798,75
MCAR007	Mantenimiento correctivo	\$69 716,24
MCAR008	Mantenimiento correctivo	\$66 020,42
MCAR009	Mantenimiento correctivo	\$51 491,35
MCAR010	Rehabilitación	\$63 454,45
MCAR011	Mantenimiento correctivo	\$107 233,39
MCAR012	Mantenimiento correctivo	\$220 337,90
MCAR013	Mantenimiento correctivo	\$80 193,29
MCAR014	Mantenimiento correctivo	\$77 613,71
MCAR015	Mantenimiento correctivo	\$29 348,57
MCAR016	Mantenimiento correctivo	\$48 385,00
MCAR017	Mantenimiento correctivo	\$37 104,27
MCAR018	Mantenimiento rutinario	\$25 926,87
MCAR019	Mantenimiento correctivo	\$47 259,18
MCAR020	Rehabilitación	\$217 312,26
MCAR021	Mantenimiento correctivo	\$75 688,46
MCAR022	Mantenimiento correctivo	\$54 674,61
MCAR023	Mantenimiento rutinario	\$27 110,02
MCAR024	Rehabilitación	\$69 817,15
MCAR025	Mantenimiento rutinario	\$11 051,98
MCAR026	Mantenimiento correctivo	\$34 593,85
MCAR027	Mantenimiento rutinario	\$16 373,27
MCAR028	Mantenimiento correctivo	\$11 236,43
MCAR029	Mantenimiento rutinario	\$77 730,55
MCAR030	Mantenimiento rutinario	\$28 909,73
MCAR031	Mantenimiento correctivo	\$50 163,28
MCAR032	Mantenimiento correctivo	\$84 566,19
MCAR033	Mantenimiento rutinario	\$250 607,87
MCAR034	Mantenimiento correctivo	\$125 238,47
MCAR035	Rehabilitación	\$97 623,35
MCAR036	Mantenimiento correctivo	\$147 449,72
MCAR037	Mantenimiento rutinario	\$42 611,01
MCAR038	Mantenimiento correctivo	\$79 596,49
MCAR039	Mantenimiento rutinario	\$15 900,63
MCAR040	Sustitución	\$122 559,76
MCAR041	Mantenimiento correctivo	\$22 922,65
MCAR042	Mantenimiento correctivo	\$47 326,19
MCAR043	Mantenimiento correctivo	\$40 966,82
MCAR044	Sustitución	\$127 783,79
MCAR045	Mantenimiento correctivo	\$43 500,76
MCAR046	Mantenimiento correctivo	\$29 285,90

Por último, en el siguiente cuadro se puede visualizar el presupuesto anual estimado para las obras de intervención de los puentes del cantón de Cartago con el plan decenal. En este se encuentra la suma de los costos de intervención estimados del cuadro anterior.

CUADRO 5. PRESUPUESTO ANUAL	
Año de ejecución	Presupuesto anual
2023	\$347 966,90
2024	\$193 463,45
2025	\$399 926,75
2026	\$302 843,12
2027	\$409 490,81
2028	\$432 362,17
2029	\$269 875,07
2030	\$409 387,06
2031	\$199 476,89
2032	\$76 893,34

Actividades de Intervención

Este manual permite visualizar de una manera detallada que actividades se pueden realizar en los puentes, de acuerdo con el tipo de intervención que se recomienda. Para ello, se realizó una lista de actividades, conforme a cada tipo de intervención mencionada anteriormente en el documento. Esto se realizó con base en los documentos previamente mencionados en el Estado del Arte, especialmente los documentos de Gutiérrez Solís, P. & Salazar Brenes, K. (2019, diciembre) y Ortiz Quesada, G., & Winiker Pérez, T. (2022), los cuales brindan información detallada sobre actividades de mantenimiento.

Además de estos documentos, se tomaron en cuenta actividades mencionadas en el cartel de licitación de “Mantenimiento de puentes según demanda”, de Piedra y Ureña Asesores Financieros y Constructores S.A. y Municipalidad de El Guarco (2021), ya que este documento se extrajeron también los costos unitarios de estas actividades. Cabe aclarar que, en el campo de la rehabilitación solo se menciona una actividad, la cual es la que se presenta en todos los puentes que necesitan de este tipo de intervención. Las demás actividades no se mencionaron ya que las mismas son específicas de cada puente y requieren de estudios detallados, por lo que uso en este documento no se ve necesario, dado su poca recurrencia.

Con respecto a las actividades de sustitución, al igual que con ciertas actividades de la rehabilitación, estos no se tomaron en cuenta en este listado, ya que los mismos son muy específicos para cada puente y requieren de mucha inversión y estudio, por lo que no sería útil mencionar actividades que, muy probablemente, su utilización será muy escasa y específica.

En este caso, se encontraron cuatro puentes que se recomienda una rehabilitación y tres puentes, en donde es imperativo una sustitución. Cuando un puente se recomiende hacer algunas de estas dos opciones, se debe realizar un estudio en específico, para ver los daños del puente y que actividades rehabilitadoras o sustitutivas se necesitan para esa estructura. A continuación, se presenta los siguientes cuadros, en donde se mencionan y describen las actividades de mantenimiento rutinario, mantenimiento correctivo y rehabilitación sugeridos para realizar en los puentes del cantón central de Cartago. En el cuadro se menciona, además, la unidad de medida de cada actividad y su código respectivo de identificación.

CUADRO 6. ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO RUTINARIO			
Código	Actividad	Unidad	Descripción
AC01	Limpieza general del puente	m ²	Limpieza manual de todos los elementos del puente, eso con el fin de remover toda la suciedad, basura, escombros, vegetación, aceites u otros. Con esto permitimos que los elementos funcionen de una manera adecuada y se brinda seguridad y comodidad a los usuarios de la estructura.

CUADRO 6. ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO RUTINARIO

Código	Actividad	Unidad	Descripción
AC02	Limpieza de los cauces para prevenir la socavación	m ³	Remoción con equipo mecánico de troncos, ramas, basura, rocas, sedimentos, entre otros, los cuales no permitan el flujo adecuado del agua a través de la estructura. Con esto se aumenta la capacidad hidráulica de la estructura y se evitan problemas como la socavación de la estructura.
AC03	Limpieza de drenajes	ml	Limpieza en donde se halle presencia de materiales, basura u otros que impiden la adecuada función del drenaje.
AC04	Reparación de la corrosión en los elementos de acero mediante la limpieza con chorro de agua a presión	m ²	Limpieza mediante chorro de agua a presión para eliminar la corrosión y aplicación de pintura anticorrosiva e inhibidores de corrosión (envoltura de grasa) en los elementos de acero de la estructura.
AC05	Reparación de la oxidación en los elementos de acero mediante la limpieza con chorro de agua a presión	m ²	Reparación y eliminación del óxido, suciedad, vegetación, entre otros, de los elementos de acero esto con el fin de obtener una superficie sana y limpia. Además, se coloca inhibidores de corrosión (envoltura de grasa), esto con el fin de extender el periodo de vida útil de los elementos de acero y evitar la corrosión.
AC06	Remoción de la eflorescencia del concreto	m ²	Eliminación de la eflorescencia de los elementos de concreto y, con esto, mejorar el ornamento de la estructura del puente.
AC07	Bacheo de la superficie de rodamiento	m ²	Un bache es un defecto en la nivelación de la vía, es decir, una depresión u hoyo en la superficie de rodamiento, por lo que el bacheo consiste en nivelar todos los defectos que se presenten en la superficie de rodamiento
AC08	Limpieza de juntas de expansión	ml	Consiste en la eliminación y limpieza de material, generalmente asfalto sobre la junta, la cual no permite un adecuado comportamiento de este elemento
AC09	Reparación de grietas lineales en losa y elementos de concreto	ml	Reparación de grietas en una o dos direcciones o mejor conocidas como grietas lineales en la losa y elementos de concreto como vigas principales, esto para mantener la condición estructural de los elementos de concreto reforzado y prevenir daños más graves, como la oxidación del acero y la posterior delaminación del concreto en la estructura.
AC10	Reparación de grietas lineales en el bastión y aletones de concreto	ml	Reparación de grietas fisuras en una o dos direcciones o mejor conocidas como grietas lineales en los elementos de concreto de los bastiones y aletones de la estructura, esto para mantener la condición estructural de los elementos de concreto reforzado y prevenir daños más graves, como la oxidación del acero y la posterior delaminación del concreto en la estructura.

CUADRO 6. ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO RUTINARIO

Código	Actividad	Unidad	Descripción
AC11	Colocación y reparación de guardavías	unidad	Colocación y reparación de guardavías, las cuales son unas barreras metálicas que protegen a los usuarios de la estructura en caso de un accidente y que amortiguan el impacto de un vehículo en movimiento. La reparación y colocación de estos dispositivos ayuda a la seguridad de todos los usuarios de la vía y evita que se produzcan fatalidades
AC12	Colocación y reparación de la pintura de señalización horizontal	ml	La colocación y reparación de la pintura para la señalización horizontal debe estar visible y en buen estado. Esto con el fin de brindar al usuario de información necesaria para el correcto tránsito del puente.
AC13	Colocación y reparación de la señalización vertical	unidad	La colocación y reparación de la señalización vertical debe ser visible y estar en buen estado y debe incluir el nombre del puente, la capacidad y las limitaciones de la estructura. Esto con el fin de brindar al usuario de información necesaria para el correcto uso del puente.
AC14	Colocación y reparación de dispositivos reflectivos en la superficie de rodamiento	unidad	La colocación y reparación de dispositivos reflectivos en la superficie de rodamiento debe ser segura para una correcta transitabilidad del usuario. Esto con el fin de brindar al usuario de una guía visual para para el correcto transitar del puente.

CUADRO 7. ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Código	Actividad	Unidad	Descripción
AC15	Reparación del acero expuesto	m ²	Reparación de la exposición del acero en una estructura de concreto reforzado. Esto se da cuando acero de refuerzo que debe estar embebido en el concreto es expuesto por diferentes causas. Esta reparación debe llevar a cabo en elementos del puente como losas, baranda de concreto, viga principal o diafragma de concreto y en los bastiones o pilas de la estructura.
AC16	Cambio de almohadillas de neopreno en los apoyos	unidad	Se refiere al cambio de almohadillas de neopreno en los apoyos del puente por la presencia de grietas en el material.
AC17	Sellado de grietas en losas de concreto o carpetas asfálticas	ml	Reparación que consiste en la aplicación de la norma ASTM D 6690 para sellar las grietas longitudinales y transversales en la superficie de rodamiento. Con esto se da el aseguramiento que la superficie de una protección impermeable a la losa, extendiendo su vida útil.
AC18	Reparación de nidos de piedra	m ²	reparación de la segregación del agregado grueso en la mezcla de concreto de la estructura. Esto se puede hacer, ya sea en la viga principal o diafragma de concreto o el cuerpo principal de bastión o pila de la estructura del puente.

CUADRO 7. ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Código	Actividad	Unidad	Descripción
AC19	Reparación del descascaramiento	m ²	Reparación de la delaminación o el desprendimiento de una superficie de concreto en algún elemento de concreto reforzado. El descascaramiento se puede dar en elementos como la losa, baranda de concreto, viga principal o diafragma de concreto o cuerpo principal de bastión o pila de la estructura del puente
AC20	Protección en el talud del bastión/aletones/pilas	m ³	Protección en el talud del bastión/aletones/pilas debido a deslizamientos o pérdida de material. Para ello se coloca el material perdido y se coloca una malla de geotextil
AC21	Sustitución de las juntas de expansión	ml	Sustitución de las juntas de expansión de una estructura de puente que se encuentran deterioradas. Esto con el fin de conservar el adecuado comportamiento estructural y funcional del puente.
AC22	Remoción de sobrecapas de pavimento	m ²	Remoción de las sobrecapas de pavimento, esto con el fin de reestablecer la funcionalidad de los drenajes, juntas de expansión y la capacidad del puente de soportar cargas vivas.
AC23	Recarpeteo de concreto asfáltico en la superficie de rodamiento	m ²	Colocación de una nueva superficie de rodamiento de concreto asfáltico, esto con el fin de, proveer a la losa de una nueva impermeabilización y protección y así asegurar un tránsito cómodo y seguro para los usuarios. Además, se pretende eliminar los daños relacionados con ondulaciones y surcos en el pavimento

CUADRO 8. ACTIVIDADES DE REHABILITACIÓN

Código	Actividad	Unidad	Descripción
AC24	Reparación de la socavación en el bastión/aletones/pilas	m ²	La socavación es la erosión de material causado por el agua en movimiento. Esta puede causar desgaste en el material de relleno en el bastión por la filtración de agua. Por ello la reparación es fundamental para evitar que los soportes del puente se vean afectados y con ello la seguridad de los usuarios

Costos Unitarios

Uno de los rubros de mayor importancia a la hora de plantear y escoger un método de mantenimiento para una estructura de un puente, es el costo que va a tener el mismo. Esto debido a que, dependiendo del costo de la obra, se puede priorizar, definir o descartar qué tipo de método de conservación es el más adecuado para un proyecto.

Para obtener los costos unitarios, se utilizará como bases presupuestos de obras en donde se detallan los precios. esto con el fin de tener un aproximado, lo más cercano posible a la realidad. Para ello se tomarán los precios publicados en proyectos de obras de mantenimientos de puentes del SICOP (Sistema Integrado de Compras Públicas). Para el caso de los costos unitarios de los materiales, se utilizó como base el presupuesto de la "Reconstrucción del puente sobre el Río Ciruelas en la comunidad de Calle El Urbano, Guácima - San Antonio", hecha por la Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias y Municipalidad de Alajuela (2022) cuyo cartel de licitación se publicó en el

SICOP el 23 de octubre de 2022, con lo cual los precios están ajustados lo más posible a la realidad del momento de publicación de este documento.

A continuación, se entrega el siguiente cuadro con los costos unitarios de materiales utilizados para la intervención de puentes. En este, se describe el código de identificación de cada material, el renglón de pago de cada material según el CR-2020 del MOPT, el material con sus especificaciones, su unidad de medida y el precio unitario de cada uno.

CUADRO 9. COSTO UNITARIO DE MATERIALES				
Código	Renglón de Pago	Descripción	Unidad	Costo Unitario
MA01	CR.405.1	Capa de concreto asfáltico preparado en planta central en caliente	t	₡58 876,05
MA02	CR.552.01	Concreto estructural clase A f'c 245kg/cm ² para muros de confinamiento de rellenos	m ³	₡164 623,59
MA03	CR.552.02	Concreto estructural clase B f'c 280kg/cm ² para losa de puente, losas de aproximación y cabezales	m ³	₡163 988,56
MA04	CR.554.01	Acero de refuerzo grado 60	kg	₡1 415,33
MA05	CR.555.01 (a)	Elementos de acero estructural tipo ASTM A500 Grado 46 (322 MPa), suplido, fabricado y erigido	kg	₡2 090,19
MA06	CR.555.01 (b)	Elementos de acero estructural tipo ASTM A36 grado 36 (252 MPa), suplido, fabricado y erigido	kg	₡2 030,44
MA07	CR.554.01	Acero de refuerzo grado 60	kg	₡1 415,33
MA08	CR.563.03	Pintura con recubrimiento anticorrosivo (Sistema 1)	m ²	₡11 804,96
MA09	CR.564.01	Apoyo de neopreno fijo	unidad	₡300 769,02
MA10	CR.564.01	Apoyo de neopreno móvil	unidad	₡418 031,05
MA11	CR.602.01 (a)	Tubería de alcantarillado clase III de 600 mm de diámetro	m	₡129 670,13
MA12	CR.602.01 (b)	Tubería de alcantarillado de 900 mm de diámetro	m	₡168 670,13
MA13	CR.604.04 (a)	Pozos de registro	unidad	₡699 950,86
MA14	CR.604.04 (b)	Tragantes	unidad	₡429 191,18
MA15	CR.609.01	Cordón y caño de cemento hidráulico	m	₡19 321,22
MA16	CR.615.01	Aceras	m ²	₡18 411,57
MA17	CR.618.01	Barrera de concreto tipo New Jersey	m	₡91 552,93
MA18	CR.718.01	Pintura línea amarilla	m	₡900,00
MA19	CR.718.01	Pintura línea blanca	m	₡900,00
MA20	CR.718.01	Señal de velocidad máxima	m	₡180 000,00

Para los costos unitarios de las actividades de intervención de puentes, se utilizó el presupuesto ganador de la licitación del "Mantenimiento de puentes según demanda" solicitada por la Municipalidad de El Guarco y presupuestada por la empresa Piedra y Ureña Asesores Financieros y Constructores S.A. Este cartel fue contratado el 25 de octubre de 2021, por lo cual los precios finales se tuvieron que ajustar a la realidad actual. Por lo que, los precios en esta sección fueron aumentados en un 10,87%, ya este corresponde a la inflación interanual acumulada de octubre de 2021 a octubre de 2022, según el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC).

En los siguientes cuadros podemos observar los costos unitarios de cada una de actividades de intervención en puentes. Cada cuadro se clasifica de acuerdo con un tipo de intervención y se describe en cada uno de estos, su código de identificación, la actividad de intervención, su unidad de medida y su precio unitario.

CUADRO 10. COSTOS UNITARIOS DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO RUTINARIO

Código	Actividades	Unidad	Costo Unitario
AC01	Limpieza general del puente	m ²	₡7 192,62
AC02	Limpieza de los cauces para prevenir la socavación	m ³	₡13 153,47
AC03	Limpieza de drenajes	ml	₡6 221,43
AC04	Reparación de la corrosión en los elementos de acero mediante la limpieza con chorro de agua a presión	m ²	₡12 197,78
AC05	Reparación de la oxidación en los elementos de acero mediante la limpieza con chorro de agua a presión	m ²	₡10 811,91
AC06	Remoción de la eflorescencia del concreto	m ²	₡5 715,03
AC07	Bacheo de la superficie de rodamiento	m ²	₡64 876,50
AC08	Limpieza de juntas de expansión	ml	₡5 718,01
AC09	Reparación de grietas lineales en losa y elementos de concreto	ml	₡4 792,27
AC10	Reparación de grietas lineales en el bastión y aletones de concreto	ml	₡5 508,28
AC11	Colocación y reparación de guardavías	unidad	₡134 779,81
AC12	Colocación y reparación de la pintura de señalización horizontal	ml	₡2 563,87
AC13	Colocación y reparación de la señalización vertical	unidad	₡105 049,33
AC14	Colocación y reparación de dispositivos reflectivos en la superficie de rodamiento	unidad	₡6 721,49

CUADRO 11. COSTOS UNITARIOS DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO

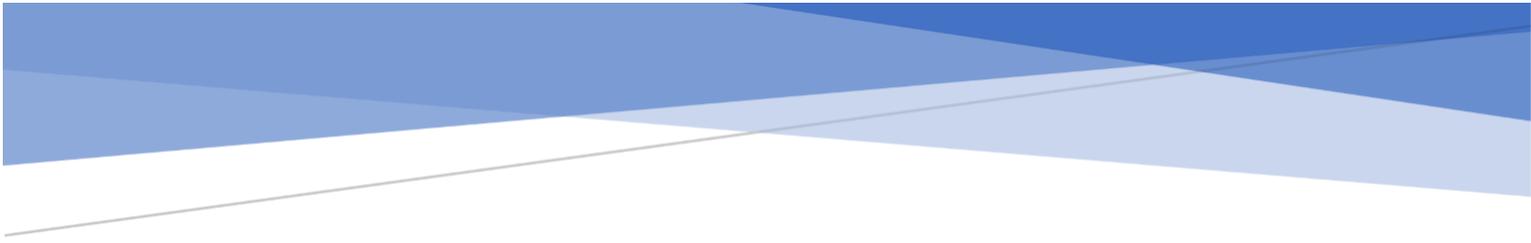
Código	Actividades	Unidad	Costo Unitario
AC15	Reparación del acero expuesto	m ²	₡65 646,70
AC16	Cambio de almohadillas de neopreno en los apoyos	unidad	₡272 093,92
AC17	Sellado de grietas en losas de concreto o carpetas asfálticas	ml	₡3 949,74
AC18	Reparación de nidos de piedra	m ²	₡95 209,61
AC19	Reparación del descascaramiento	m ²	₡40 255,05
AC20	Protección en el talud del bastión/aletones/pilas	m ³	₡44 725,66
AC21	Sustitución de las juntas de expansión	ml	₡401 985,41
AC22	Remoción de sobrecapas de pavimento	m ²	₡15 832,13
AC23	Recarpeteo de concreto asfáltico en la superficie de rodamiento	m ²	₡32 568,06

CUADRO 12. COSTOS UNITARIOS DE ACTIVIDADES DE REHABILITACIÓN

Código	Actividades	Unidad	Costo Unitario
AC24	Reparación de la socavación en el bastión/aletones/pilas	m ³	₡71 432,16

Bibliografía

- Barahona Navarro, W. (2021). Mantenimiento de puentes según demanda. En *Sistema Integrado de Compras Públicas (SICOP)* (S-UT-039-2021). https://www.sicop.go.cr/moduloPcont/pcont/ctract/es/CE_SCJ_GSQ003_C.jsp?isPopup=Y&contract_req_no=SC202109003592
- Centro de Investigación en Vivienda y Construcción. (2021). Herramienta para gestión de puentes de la Municipalidad de Cartago. Microsoft Power BI.
- Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias & Municipalidad de Alajuela. (2022). Reconstrucción del puente sobre el Río Ciruelas en la comunidad de Calle El Urbano, Guácima - San Antonio. En *Sistema Integrado de Compras Públicas (SICOP)* (No 2022CE-000040-0006500001). https://www.sicop.go.cr/moduloPcont/pcont/ctract/es/CE_SCJ_GSQ003_C.jsp?isPopup=Y&contract_req_no=SC202210004725
- Gutiérrez Solís, P. & Salazar Brenes, K. (2019, diciembre). *Propuesta de actividades de intervención y costos unitarios para la atención de los daños de la Red de Puentes de El Guarco*. Repositorio TEC. Recuperado 28 de septiembre de 2022, de <https://hdl.handle.net/2238/11196>
- Ministerio de Obras Públicas y Transportes. (2007). *MANUAL DE INSPECCION DE PUENTES*. https://www.mopt.go.cr/wps/wcm/connect/31625228-76c4-44cf-963e-8d8b31540a79/manual_inspeccion2007.pdf?MOD=AJPERES
- Ministerio de Obras Públicas y Transportes. (2015, 31 agosto). *MANUAL DE ESPECIFICACIONES GENERALES PARA LA CONSERVACIÓN DE CAMINOS, CARRETERAS Y PUENTES MCV-2015*. Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LANAMME). <https://www.lanamme.ucr.ac.cr/repositorio/bitstream/handle/50625112500/847/Manual+MCV-2015+Oficial.pdf?sequence=1>
- Ministerio de Obras Públicas y Transportes. (2022, 23 marzo). *CR-2020 Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes*. Repositorio Digital. <http://repositorio.mopt.go.cr:8080/xmlui/handle/123456789/4694;jsessionid=004AB3519A580EC41E583011DFDA879F>
- Municipalidad de Curridabat. (2013, 3 octubre). *Sistema Costarricense de Información Jurídica*. Procuraduría General de la Republica. Recuperado 25 de agosto de 2022, de http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_articulo.aspx?param1=NRA&nValor1=1&nValor2=76205&nValor3=103840&nValor5=155
- Ortiz-Quesada, G., Garita-Rodríguez, C., Navarro-Mora, A., & Páez, G. (2021). Priorización de intervenciones en puentes utilizando indicadores. *Revista Tecnología En Marcha*, 34(3), Pág. 134–142. <https://doi.org/10.18845/tm.v34i3.5120>
- Ortiz Quesada, G., & Winiker Pérez, T. (2022). Guía Técnica para el Mantenimiento de Puentes (1.a ed.). Tecnológica de Costa Rica. Recuperado 28 de septiembre de 2022, de <https://hdl.handle.net/2238/11018>
- Piedra y Ureña Asesores Financieros y Constructores S.A. & Municipalidad de El Guarco. (2021). Mantenimiento de puentes según demanda. En *Sistema Integrado de Compras Públicas (SICOP)* (2021CD-000130-0012000001). https://www.sicop.go.cr/moduloOferta/servlet/search/EP_SEV_COQ622?isPopup=Y&fromESFlag=Y&cartelNo=20211000402&cartelSeq=00&cartelCate=1
- United States Department of Transportation, Federal Highway Administration. (2018). *Bridge Preservation Guide*. United States Department of Transportation, Federal Highway Administration.



PLAN DE INTERVENCIÓN PARA LOS PUENTES MCAR029 Y MCAR034

MATÍAS JOSÉ BLANCO LEÓN
LAURA DANIELA FALLAS MORA

Desarrollado como parte del Trabajo Final de Graduación
para optar por el grado de
Licenciatura en Ingeniería en Construcción

noviembre del 2022

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN

Contenido

Alcance.....	2
Mantenimiento rutinario: Puente MCAR029	2
Mantenimiento correctivo: Puente MCAR034.....	5
Bibliografía	13

Alcance

Generar un plan de intervenciones para dos estructuras, una de mantenimiento rutinario y otra de mantenimiento correctivo dentro de los 45 puentes localizados en la Red Vial Cantonal del cantón de Cartago. Para su realización se utilizó los informes de inspección suministrados por el Programa de Evaluación de Puentes y la información contenida dentro de la Guía de Intervención General para los Puentes del Cantón de Cartago.

Es importante destacar que este plan se enfoca en el análisis de las estructuras de puentes. Aunque se han abordado aspectos críticos en cuanto a la estructura y los materiales, algunos temas relevantes como las condiciones hidrológicas e hidráulicas, las condiciones de tránsito, la verificación de cumplimiento con los códigos de construcción actuales, la capacidad de carga y la geotecnia, han quedado fuera del alcance de este trabajo. No obstante, se espera que esta investigación proporcione una base sólida para futuras investigaciones que aborden estos temas importantes.

Mantenimiento rutinario: Puente MCAR029

Uno de los puentes escogidos para el plan de intervención es el puente código MCAR029, el cual cruza sobre el río Toyogres, en donde se debe realizar una intervención en la estructura de tipo mantenimiento rutinario. En el siguiente cuadro se muestra los datos obtenidos sobre este puente.

CUADRO 1. INFORMACIÓN DEL PUENTE MCAR029	
Nombre de la Estructura	Puente sobre Río Toyogres
Código de Identificación	MCAR029
Institución Propietaria	Municipalidad de Cartago
Ubicación	
Provincia	Cartago
Cantón	Cartago
Distrito	Dulce Nombre
Ruta N°	30105000
Tipo de Ruta	Cantonal
Kilometro	2,32
Latitud Norte	09° 50.0' 37.3"
Latitud Oeste	83° 54.0' 18.5"
Elementos Básicos	
Superficie de rodamiento	Concreto
Longitud Total	10,6 m
No. de Superestructuras	1
No. de Tramos	1
No. de Subestructuras	2
Servicios Públicos	
Agua	

Al conocerse los datos del cuadro anterior, se procede a analizar la inspección e informe realizados para el mismo. Cabe aclarar que estos documentos fueron realizados, según se constan, el 25 de octubre de 2021 y el 07 de diciembre de 2021 respectivamente. Es por esto por lo que la información recolectada se basa en los daños al puente hasta esas fechas mencionadas. Cualquier daño reciente tendrá que ser analizado en una inspección futura. A continuación, se muestra un cuadro con una recopilación de los tipos daños constatados en la inspección visual en cada elemento de la estructura del puente, así como su grado de daño y una descripción de este.

CUADRO 2. DAÑOS CONSTATADOS EN LA ESTRUCTURA MCAR029			
Ubicación	Tipo de Daño	Grado de daño	Descripción
Losa	Grietas en una dirección	En muchos lugares	Grietas de hasta 1,0 mm de espesor
	Grietas en dos direcciones	En muchos lugares	Grietas de hasta 1,5 mm de espesor
Viga principal de Concreto	Descaramiento	En pocos lugares	Inicio de descaramiento en sitio de la viga

Como se evidencio anteriormente, el puente presenta algunos daños, específicamente en la losa y la viga principal. También se constató en el informe un faltante en elementos como guardavías y señalización horizontal reflectiva. A continuación, se muestran, con fotografías tomadas en la inspección de la estructura, estos daños y faltantes:

Figura 1. *Grietas en una dirección en la losa del puente MCAR029*



Fuente: Programa de Evaluación de Estructuras de Puentes, 2021

Figura 2. *Grietas en dos direcciones en la losa del puente MCAR029*



Fuente: Programa de Evaluación de Estructuras de Puentes, 2021

Figura 3. Descaramiento en la viga principal de concreto del puente MCAR029



Fuente: Programa de Evaluación de Estructuras de Puentes, 2021

Figura 4. Faltante de guardavía en el puente MCAR029



Fuente: Programa de Evaluación de Estructuras de Puentes, 2021

Figura 5. Faltante de señalización horizontal reflectiva en el puente MCAR029



Fuente: Programa de Evaluación de Estructuras de Puentes, 2021

Con toda esta información recopilada, se procede a realizar el plan de intervención para la estructura. En este cuadro se encuentra una lista de actividades sugeridas para el puente en cuestión. Además, se coloca para cada actividad, su código de identificación, su unidad de medida y el precio unitario estimado.

CUADRO 3. LISTA DE ACTIVIDADES DE INTERVENCIÓN EN EL PUENTE MCAR029			
Código	Actividad	Unidad	Precio Unitario Estimado
AC01	Limpieza general del puente	m ²	€7 192,62
AC02	Limpieza de los cauces para prevenir la socavación	m ³	€13 153,47
AC03	Limpieza de drenajes	ml	€6 221,43
AC09	Reparación de grietas lineales en losa y elementos de concreto	ml	€4 792,27
AC11	Colocación y reparación de guardavías	unidad	€134 779,81
AC14	Colocación y reparación de dispositivos reflectivos en la superficie de rodamiento	unidad	€6 721,49
AC19	Reparación del descascaramiento	m ²	€40 255,05

Se estima que la duración dure alrededor de 15 días y el valor de la intervención ascienda a \$77 730,55, según información proporcionada por el Centro de Investigación en Vivienda y Construcción (2021).

Mantenimiento correctivo: Puente MCAR034

En segundo lugar, otro de los puentes escogidos es el puente código MCAR034, el cual cruza sobre el río Toyogres, en él se deben realizar una intervención en la estructura de tipo mantenimiento correctivo, esto debido a su calificación en el índice BCI. En el siguiente cuadro se muestra la información obtenida sobre este puente.

CUADRO 4. INFORMACIÓN DEL PUENTE MCAR034	
Nombre de la Estructura	Puente sobre Río Toyogres
Código de Identificación	MCAR034
Institución Propietaria	Municipalidad de Cartago
Ubicación	
Provincia	Cartago
Cantón	Cartago
Distrito	Dulce Nombre
Ruta No.	30114400
Tipo de Ruta	Cantonal
Kilometro	0,714
Latitud Norte	09° 50.0' 55.3"
Latitud Oeste	83° 54.0' 21.7"
Elementos Básicos	
Superficie de rodamiento	Asfalto
Longitud Total	6,0 m
No. de Superestructuras	1
No. de Tramos	1
No. de Subestructuras	2
Servicios Públicos	
Agua	
Telecomunicaciones	
Otros	

Conociendo estos datos del cuadro anterior, se procede a análisis de la inspección e informe realizados a la estructura. Se debe tener en cuenta que la inspección visual y el informe de inventario e inspección visual de daños fueron realizados, según se verificó, el 25 de octubre de 2021 y el 07 de diciembre de 2021 respectivamente. Con esto sabemos que la información recolectada se basa en los daños al puente hasta esas fechas mencionadas por lo que cualquier daño que haya ocurrido después de esa fecha tendrá que ser analizado en una inspección futura. A continuación, se muestra un cuadro recopilatorio de los tipos daños constatados en los documentos anteriormente mencionados, además de mencionar el daño en cada elemento de la estructura del puente, así como su grado de daño y una descripción de estos.

CUADRO 5. DAÑOS CONSTATADOS EN LA ESTRUCTURA M CAR034			
Ubicación	Tipo de Daño	Grado del Daño	Descripción
Pavimento	Sobre capas de asfalto	En la mayoría de las partes	Más de una sobre capa con un espesor de 100 mm
Losa	Grietas en una dirección	En muchos lugares	Grietas mayores a 0,2 mm en intervalos de más de 1 m
	Grietas en dos direcciones	En muchos lugares	Grietas menores a 0,2 mm en intervalos de menos de 0,5 m
	Descaramiento	En muchos lugares	Descaramiento crecido en donde se expone acero de refuerzo
	Acero de refuerzo	En la mayoría de las partes	Refuerzo expuesto y con reducción de la sección en la losa
	Nidos de piedra	En pocos lugares	Nidos de piedra en algunos sitios
	Eflorescencia	En pocos lugares	Pequeñas manchas blancas en algunos sitios
Viga principal de concreto	Grietas en una dirección	En muchos lugares	se observó grietas mayores a 0,2 mm en intervalos de más de 1 m en viga losa
	Descaramiento	En muchos lugares	Descaramiento crecido en donde se expone acero de refuerzo en vigas principales y en el borde de la viga losa
	Acero de refuerzo	En la mayoría de las partes	Refuerzo expuesto y con reducción de la sección en la viga losa, vigas principales, acero longitudinal y aros de confinamiento de las vigas
	Nidos de piedra	En muchos lugares	Más de diez nidos de piedra en la viga losa
	Eflorescencia	En pocos lugares	Pequeñas manchas blancas en algunos sitios
Viga diafragma de concreto	Eflorescencia	En pocos lugares	Pequeñas manchas blancas
Pared Cabezal y Aletones (Bastiones)	Grietas en una dirección	En muchos lugares	Grietas mayores a 0,2 mm en intervalos de más de 1 m
	Descaramiento	En pocos lugares	Principio de descascaramiento en algunas partes a nivel de fundación
	Nidos de piedra	En muchos lugares	Más de diez nidos de piedra

	Eflorescencia	En pocos lugares	Pequeñas manchas blancas en algunos sitios
	Protección de terraplén	En muchos lugares	Talud de relleno de aproximación ligeramente colapsado. Pérdida de relleno detrás del aletón del bastión de margen izquierda ubicado aguas arriba, ya que el caudal del río impacta directamente
Cuerpo principal (Bastión)	Grietas en una dirección	En muchos lugares	Grietas mayores a 0,2 mm en intervalos de más de 1 m. También se observa una grieta a nivel de los apoyos de las vigas que se extiende hasta el aletón
	Descaramiento	En muchos lugares	Descascaramiento en algunas partes donde se observa desgaste superficial por abrasión en los bastiones de concreto
	Eflorescencia	En pocos lugares	Pequeñas manchas blancas en algunos sitios
	Socavación	La fundación aparece por la socavación	Socavación en la fundación, inclusive por debajo de las fundaciones de los bastiones y aletones

Posteriormente, con base en el cuadro anterior, el puente presenta numerables daños, en varias partes de este. También se constata en el informe un faltante en elementos como guardavías, señalización vertical y señalización horizontal reflectiva. A continuación, se muestran, con fotografías tomadas en la inspección visual, estos daños y faltantes:

Figura 6. Sobre capas de asfalto en la losa del puente MCAR034



Fuente: Programa de Evaluación de Estructuras de Puentes, 2021

Figura 7. *Grietas en una dirección en la losa del puente MCAR034*



Fuente: Programa de Evaluación de Estructuras de Puentes, 2021

Figura 8. *Grietas en dos direcciones en la losa del puente MCAR034*



Fuente: Programa de Evaluación de Estructuras de Puentes, 2021

Figura 9. *Descaramiento en la losa del puente MCAR034*



Fuente: Programa de Evaluación de Estructuras de Puentes, 2021

Figura 10. Acero de refuerzo expuesto en la losa y viga principal de concreto del puente MCAR034



Fuente: Programa de Evaluación de Estructuras de Puentes, 2021

Figura 11. Nidos de piedra en la losa y viga principal de concreto del puente MCAR034



Fuente: Programa de Evaluación de Estructuras de Puentes, 2021

Figura 12. Eflorescencia en la losa y viga principal de concreto del puente MCAR034



Fuente: Programa de Evaluación de Estructuras de Puentes, 2021

Figura 13. *Grietas en sola dirección en la viga principal de concreto del puente MCAR034*



Fuente: Programa de Evaluación de Estructuras de Puentes, 2021

Figura 14. *Descaramiento en la viga principal de concreto del puente MCAR034*



Fuente: Programa de Evaluación de Estructuras de Puentes, 2021

Figura 15. *Grietas en sola dirección en el bastión MCAR034*



Fuente: Programa de Evaluación de Estructuras de Puentes, 2021

Figura 16. Descaramiento en el bastión del puente MCAR034



Fuente: Programa de Evaluación de Estructuras de Puentes, 2021

Figura 17. Eflorescencia en el bastión MCAR034



Fuente: Programa de Evaluación de Estructuras de Puentes, 2021

Figura 18. Socavación en el bastión del puente MCAR034



Fuente: Programa de Evaluación de Estructuras de Puentes, 2021

Figura 19. Faltante de señalización vertical y señalización horizontal reflectiva en el puente MCAR034



Fuente: Programa de Evaluación de Estructuras de Puentes, 2021

A partir de esta recopilación de información, se procede a realizar el plan de intervención para la estructura. En el cuadro se encuentra una lista de actividades sugeridas para el puente en cuestión. Además, se coloca para cada actividad, su código de identificación, su unidad de medida y el precio unitario estimado.

CUADRO 6. LISTA DE ACTIVIDADES DE INTERVENCIÓN PUENTE MCAR034			
Código	Actividad	Unidad	Precio Unitario Estimado
AC01	Limpieza general del puente	m ²	₡7 192,62
AC02	Limpieza de los cauces para prevenir la socavación	m ³	₡13 153,47
AC03	Limpieza de drenajes	ml	₡6 221,43
AC06	Remoción de la eflorescencia del concreto	m ²	₡5 715,03
AC09	Reparación de grietas lineales en losa y elementos de concreto	ml	₡4 792,27
AC10	Reparación de grietas lineales en el bastión y aletones de concreto	ml	₡5 508,28
AC12	Colocación y reparación de la pintura de señalización horizontal	ml	₡2 563,87
AC13	Colocación y reparación de la señalización vertical	Unidad	₡105 049,33
AC14	Colocación y reparación de dispositivos reflectivos en la superficie de rodamiento	Unidad	₡6 721,49
AC15	Reparación del acero expuesto	m ²	₡65 646,70
AC18	Reparación de nidos de piedra	m ²	₡95 209,61
AC19	Reparación del descascaramiento	m ²	₡40 255,05
AC20	Protección en el talud del bastión/aletones/pilas	m ³	₡44 725,66
AC22	Remoción de sobrecapas de pavimento	m ²	₡15 832,13
AC23	Recarpeteo de concreto asfáltico en la superficie de rodamiento	m ²	₡32 568,06
AC24	Reparación de la socavación en el bastión/aletones/pilas	m ³	₡71 432,16

Se espera que se realicen las intervenciones a este puente en el plazo total de un mes y su valor ascienda a \$125 238,47, según información suministrada por el Centro de Vivienda y Construcción (2021).

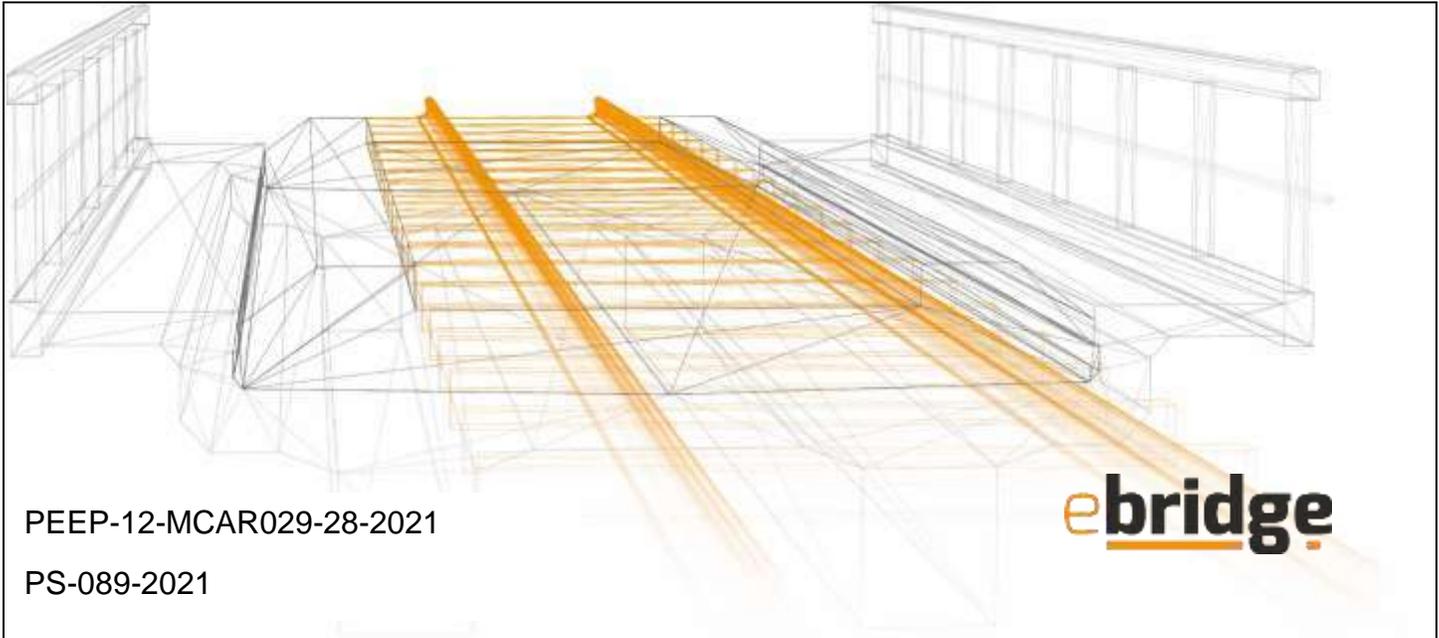
Bibliografía

- Barahona Navarro, W. (2021). Mantenimiento de puentes según demanda. En *Sistema Integrado de Compras Públicas (SICOP)* (S-UT-039-2021). https://www.sicop.go.cr/moduloPcont/pcont/ctract/es/CE_SCJ_GSQ003_C.jsp?isPopup=Y&contract_req_no=SC202109003592
- Centro de Investigación en Vivienda y Construcción. (2021). Herramienta para gestión de puentes de la Municipalidad de Cartago. Microsoft Power BI.
- Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias & Municipalidad de Alajuela. (2022). Reconstrucción del puente sobre el Río Ciruelas en la comunidad de Calle El Urbano, Guácima - San Antonio. En *Sistema Integrado de Compras Públicas (SICOP)* (No 2022CE-000040-0006500001). https://www.sicop.go.cr/moduloPcont/pcont/ctract/es/CE_SCJ_GSQ003_C.jsp?isPopup=Y&contract_req_no=SC202210004725
- Gutiérrez Solís, P. & Salazar Brenes, K. (2019, diciembre). *Propuesta de actividades de intervención y costos unitarios para la atención de los daños de la Red de Puentes de El Guarco*. Repositorio TEC. Recuperado 28 de septiembre de 2022, de <https://hdl.handle.net/2238/11196>
- Ministerio de Obras Públicas y Transportes. (2007). *MANUAL DE INSPECCION DE PUENTES*. https://www.mopt.go.cr/wps/wcm/connect/31625228-76c4-44cf-963e-8d8b31540a79/manual_inspeccion2007.pdf?MOD=AJPERES
- Ministerio de Obras Públicas y Transportes. (2015, 31 agosto). *MANUAL DE ESPECIFICACIONES GENERALES PARA LA CONSERVACIÓN DE CAMINOS, CARRETERAS Y PUENTES MCV-2015*. Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LANAMME). <https://www.lanamme.ucr.ac.cr/repositorio/bitstream/handle/50625112500/847/Manual+MCV-2015+Oficial.pdf?sequence=1>
- Ministerio de Obras Públicas y Transportes. (2022, 23 marzo). *CR-2020 Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes*. Repositorio Digital. <http://repositorio.mopt.go.cr:8080/xmlui/handle/123456789/4694;jsessionid=004AB3519A580EC41E583011DFDA879F>
- Municipalidad de Curridabat. (2013, 3 octubre). *Sistema Costarricense de Información Jurídica*. Procuraduría General de la Republica. Recuperado 25 de agosto de 2022, de http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_articulo.aspx?param1=NRA&nValor1=1&nValor2=76205&nValor3=103840&nValor5=155
- Ortiz-Quesada, G., Garita-Rodríguez, C., Navarro-Mora, A., & Páez, G. (2021). Priorización de intervenciones en puentes utilizando indicadores. *Revista Tecnología En Marcha*, 34(3), Pág. 134–142. <https://doi.org/10.18845/tm.v34i3.5120>
- Ortiz Quesada, G., & Winiker Pérez, T. (2022). *Guía Técnica para el Mantenimiento de Puentes* (1.a ed.). Tecnológica de Costa Rica. Recuperado 28 de septiembre de 2022, de <https://hdl.handle.net/2238/11018>
- Piedra y Ureña Asesores Financieros y Constructores S.A. & Municipalidad de El Guarco. (2021). Mantenimiento de puentes según demanda. En *Sistema Integrado de Compras Públicas (SICOP)* (2021CD-000130-0012000001). https://www.sicop.go.cr/moduloOferta/servlet/search/EP_SEV_COQ622?isPopup=Y&fromESFlag=Y&cartelNo=20211000402&cartelSeq=00&cartelCate=1
- United States Department of Transportation, Federal Highway Administration. (2018). *Bridge Preservation Guide*. United States Department of Transportation, Federal Highway Administration.

Anexos

Los anexos corresponden a:

1. Informe de Inventario e Inspección Visual de Daños Puente sobre Río Toyogres MCAR029
2. Informe de Inventario e Inspección Visual de Daños Puente sobre Río Toyogres MCAR034



PEEP-12-MCAR029-28-2021

PS-089-2021

Informe de Inspección

Fecha de emisión:
07/12/2021



Tecnológico de Costa Rica
Escuela de Ingeniería en Construcción
Centro de Investigaciones en Vivienda y Construcción
Servicios de Inspección
Programa de Evaluación de Estructuras de Puentes

Contactos:
Tel: (506) 2550-9088, 2550-2309, 2550-9464

Email: civco@tec.ac.cr

www.tec.ac.cr

PUENTE SOBRE RÍO TOYOGRES

Ruta N° 30105000

<p>1. Título: Informe de Inventario e Inspección Visual de Daños PUENTE SOBRE RÍO TOYOGRES (DE PIEDRA)</p>	<p>2. Fecha de inspección: 25/10/2021</p>
<p>3. Descripción de condiciones especiales durante la inspección: Estado del tiempo: Soleado Nivel de Tránsito: Alto Condiciones de acceso: Directo Seguridad: Sitio Seguro</p>	<p>4. Fecha del informe: 07/12/2021</p>
<p>7. Institución propietaria: Municipalidad de Cartago</p>	
<p>8. Objetivos del informe:</p> <p>8.1. Realizar la inspección de inventario básico, la cual incluye la inspección visual de daños, que debe contener como mínimo toda la información requerida en los formularios del 1 al 7 del Manual de Inspección de Puentes del MOPT.</p> <p>8.2. Realizar la inspección visual de daños de la estructura con base en los criterios establecidos en el Manual de Inspección de Puentes, adicionalmente suministrar información sobre la inspección y evaluación de las estructuras de los accesos, sistemas de drenaje, muros de retención y seguridad vial del puente.</p>	
<p>9. Personal de apoyo: Andrey Roses Calderón</p>	

10. Alcance del informe:

El presente informe se limita a estimar mediante una inspección visual el estado general de los distintos componentes del puente, mediante la asignación de una calificación para los deterioros según escala de grado de daño del Manual de Inspección de Puentes del MOPT. En caso de otros deterioros observados (no categorizados en el Manual) se mostrará el nivel de daño mediante observaciones en el formulario de inspección.

Ningún tipo de prueba o ensayo fue practicado a elemento alguno.

Para determinar las causas de los daños y/o la afectación de la capacidad es necesario una inspección detallada y/o una prueba de carga.

Esta inspección se desarrolló bajo acreditación de acuerdo a Alcance de Acreditación OI-037, alcance disponible en www.eca.or.cr

11. Resumen:

A continuación, se presenta la información general de inventario básico y los principales deterioros encontrados en cada componente del puente: accesorios tales como superficie de ruedo, juntas de expansión y barandas; elementos de superestructura tales como losa, vigas principales, diafragmas, sistemas de arrostramiento, pintura y apoyos y elementos de subestructura como bastiones y pilas.

<p>WILLIAM ALONSO POVEDA MONTOYA (FIRMA)</p> <p>Firmado digitalmente por WILLIAM ALONSO POVEDA MONTOYA (FIRMA) Fecha: 2021.12.06 22:41:45 -06'00'</p>	<p>JOSE ROLANDO PEREIRA CALDERON (FIRMA)</p> <p>Firmado digitalmente por JOSE ROLANDO PEREIRA CALDERON (FIRMA) Fecha: 2021.12.07 16:04:22 -06'00'</p>	<p>SONIA VARGAS CALDERON (FIRMA)</p> <p>Firmado digitalmente por SONIA VARGAS CALDERON (FIRMA) Fecha: 2021.12.07 13:21:35 -06'00'</p>
<p>Ing. Alonso Poveda Montoya Gestoría técnica</p>	<p>Ing. Rolando Pereira Calderón Responsable del Informe</p>	<p>Ing. Sonia Vargas Calderón Coordinación CIVCO</p>

INVENTARIO DE PUENTE

NOMBRE DEL PUENTE	RÍO TOYOGRES (MCAR029)		
RUTA N°	30105 000	RUTA	CANTONAL
KILÓMETRO	2.32 km		

LOCALIZACIÓN	PROVINCIA	CARTAGO	ENCARGADO				DÍA	MES	AÑO
	CANTÓN	CARTAGO	LATITUD NORTE	9.0°	50.0'	37.3"	FECHA DE DISEÑO		
	DISTRITO	DULCE NOMBRE	LONGITUD OESTE	83.0°	54.0'	18.5"	FECHA DE CONSTRUCCIÓN		

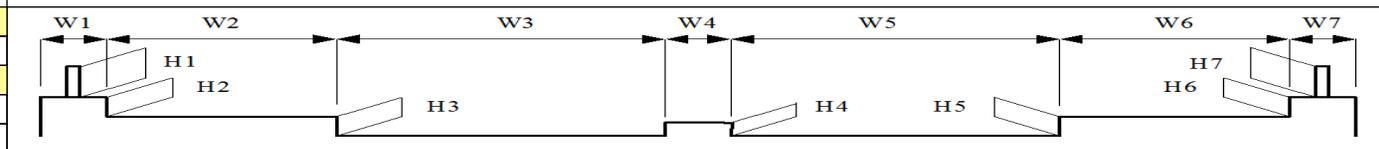
ELEMENTOS BÁSICOS	
DIRECCIÓN DE LA VÍA HACIA	DE CONCAVAS HACIA DULCE
TIPO DE ESTRUCTURA	PUENTE
CARGA VIVA	NO SE TIENE INFORMACIÓ"N
LONGITUD TOTAL	10.6 m
ESPECIFICACIÓN	NO SE TIENE INFORMACIÓ"N
No. DE SUPER ESTRUCTURA	1
No. DE TRAMOS	1
No. DE SUBESTRUCTURA	2
LONGITUD DE DESVÍO	1.332 km
PENDIENTE LONGITUDINAL	0.0 %

UBICACIÓN			VISTA PANORÁMICA		
					

SERVICIOS PÚBLICOS	1	AGUA		
	2	OTROS		
	3			
	4			
CRUZA SOBRE	1	RIO TOYOGRES		
	2			
PAVIMENTO	TIPO	SIN SUPERFICIE DE		
	ESPESOR	ORIGINAL	0.0 mm	
		SOBRE CAPA	0.0 mm	
CONTEO DE TRÁFICO	AÑO	2017		
	TOTAL DE VEHÍCULOS	415.0		
	% VEHÍCULOS PESADOS	0.0		
RESTRICCIONES	POR CARGA	0.0 t		
	POR ALTURA	0.0 m		
	POR ANCHO	0.0 m		
CLARO LIBRE				
ALTURA LIBRE VERTICAL	SUPERIOR	0.0 m	ANCHO VIA ACCESO	7.4 m
	INFERIOR	3.4 m		

INSPECCIÓN VISUAL DE DAÑOS REALIZADAS					
DÍA	MES	AÑO	INSPECTOR		TIPO DE INSPECCIÓN
25	10	2021	ROLANDO PEREIRA		INSPECCIÓN INVENTARIO

DIMENSIONES							
ANCHO TOTAL	10.7 m			CALZADA			7.4 m
ITEMS	1	2	3	4	5	6	7
W(m)	0.0	1.65	3.7	0.0	3.7	1.65	0.0
H(m)	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2



INVENTARIO DE PUENTE														
NOMBRE DEL PUENTE	RÍO TOYOGRES (MCAR029)			LOCALIZACIÓN	PROVINCIA	CARTAGO	ENCARGADO				DÍA	MES	AÑO	
RUTA N°	30105 000	RUTA	CANTONAL		CANTÓN	CARTAGO	LATITUD NORTE	9.0°	50.0'	37.3"	FECHA DE DISEÑO			
KILÓMETRO	2.32 km				DISTRITO	DULCE NOMBRE	LONGITUD OESTE	83.0°	54.0'	18.5"	FECHA DE CONSTRUCCIÓN			
OBSERVACIONES DEL INVENTARIO BÁSICO														

*Aclarar que el bastión 1 corresponde al de margen derecha y el bastión 2 al de margen izquierda.

*NO SE CUENTA CON FECHA DE DISEÑO, CARGA VIVA Y ESPECIFICACIÓN DE DISEÑO POR FALTA DE PLANOS.

*no se encontró PLACA EN PUENTE por lo que no es posible DETERMINAR LA FECHA DE CONSTRUCCIÓN.

*LA LONGITUD TOTAL DEL PUENTE, se MIDió entre juntas de expansión.

*LA RUTA ALTERNA QUE SE CALCULA TIENE MIDE 1.332 Y CORRESPONDE A LAS RUTAS CANTONALES 30132300-30106300-30114400.

*SEGÚN LO medido EN CAMPO LA ESTRUCTURA NO POSEE PENDIENTE LONGITUDINAL POR LO QUE SE ANOTA 0%.

*EN SERVICIOS PÚBLICOS HAY cables de electricidad (Otros en el sistema utilizado) Y TUBERÍAS D E AGUA ADOSADA.

*Puente no posee superficie de ruedo, pues la misma losa funciona como tal.

*NO EXISTEN RÓTULOS EN EL PUENTE QUE INDIQUEN ALGÚN TIPO DE RESTRICCIÓN.

*LA ALTURA DEL JERSEY VEHICULAR ES DE 0,83M.

*LA ALTURA LIBRE VERTICAL INFERIOR SE MIDió EN CAMPO DESDE LA PARTE INFERIOR DE LA VIGA HASTA EL NIVEL DEL CAUCE, al momento de la inspección.

*EN EL ANCHO DE W2 Y W6, SE COLOCA LA SUMA DEL ANCHO DE ACERA DE 1,20M Y EL ANCHO DE BARANDA DE 0,45M.

*ANCHO DE VÍA DE ACCESO SE MIDió COMO EL ANCHO total de la calzada de acceso.

*TIPO DE JUNTAS según lo visto en sitio.

*TIPO DE VIGAS ES DOBLE TE

*EL ESPACIAMIENTO ENTRE VIGAS FUE MEDIDO CENTRO A CENTRO EN SITIO.

*EL PERALTE DE LAS VIGAS SE MIDió DIRECTAMENTE EN SITIO.

*EL ESPESOR DE LA LOSA DE CONCRETO SE MIDió por diferencia a un costado de la vía.

*EL ANCHO DE BASTIÓN CORRESPONDE Al ancho total del muro de concreto.

*LA ALTURA DEL BASTIÓN SE MIDió DESDE el nivel de terreno HASTA LA PARTE SUPERIOR DE LA PARED DE LA VIGA CABEZAL.

*NO ES POSIBLE OBTENER LA MEDIDA DEL LARGO DE LOS BASTIONES.

*NO HAY ELEMENTO DE APOYO ENTRE VIGAS Y BASTIONES.

*No es posible determinar el tipo ni medidas de las fundaciones de los bastiones.

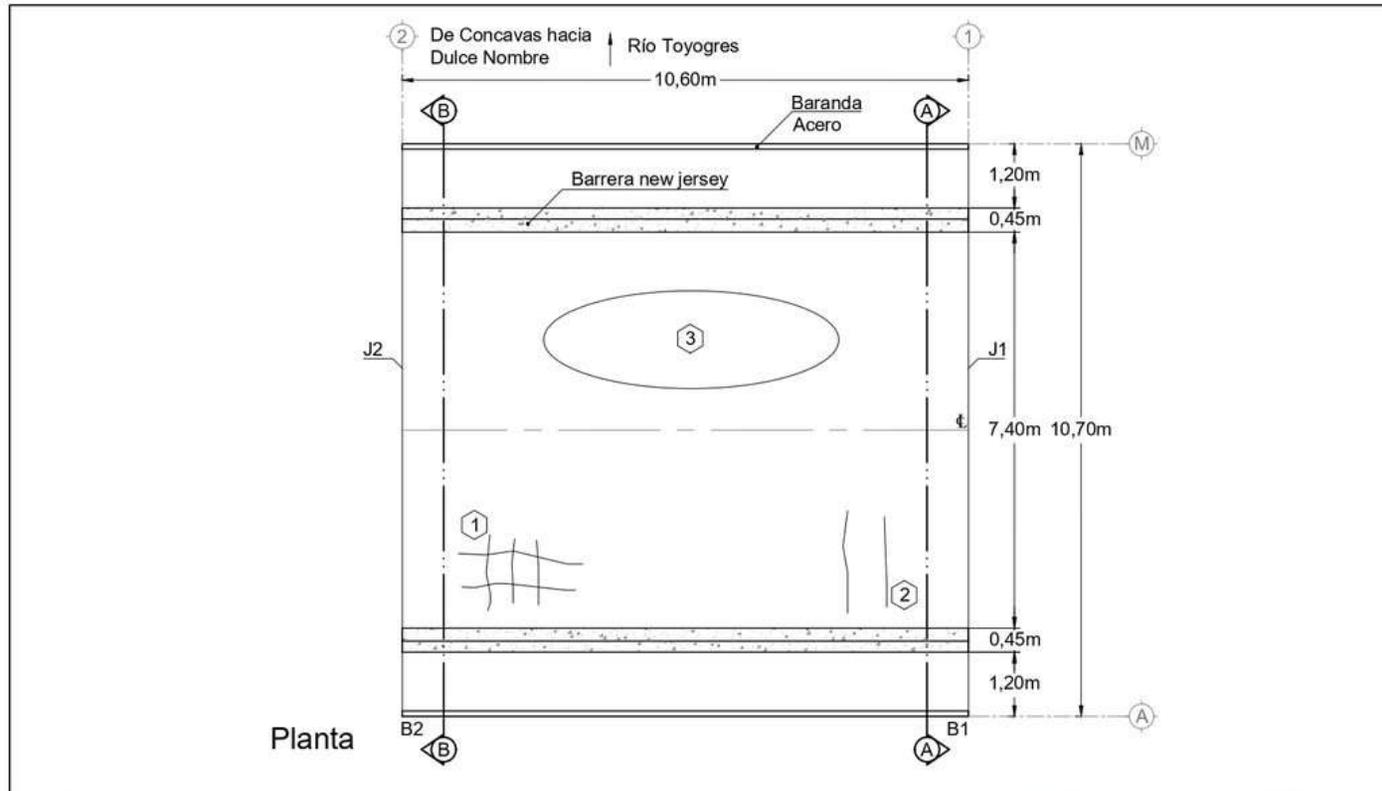
*LOS ESQUEMAS MOSTRADOS EN LA SECCIÓN DE PLANOS FUERON LEVANTADOS EN CAMPO, COMO COMPLEMENTO AL TRABAJO REALIZADO DEBIDO A LA CARENCIA DE PLANOS.

INVENTARIO DE PUENTE														
NOMBRE DEL PUENTE		RÍO TOYOGRES (MCA029)				LOCALIZACIÓN	PROVINCIA	CARTAGO	ENCARGADO			DÍA	MES	AÑO
RUTA N°	30105 000	RUTA	CANTONAL		CANTÓN		CARTAGO	LATITUD NORTE	9.0°	50.0'	37.3"	FECHA DE DISEÑO		
KILÓMETRO	2.32 km				DISTRITO		DULCE NOMBRE	LONGITUD OESTE	83.0°	54.0'	18.5"	FECHA DE CONSTRUCCIÓN		
DETALLE DE SUPERESTRUCTURA														
No. DE SUPERESTRUCTURA	No. DE TRAMOS	ALINEACIÓN DE PLANTA		VIGAS PRINCIPALES DE SUPERESTRUCTURA										
				MATERIAL	SUPERESTRUCTURA	TIPO	LONGITUD TOTAL	TRAMO MÁXIMO	N° VIGAS	ALTURA				
1	1	RECTA		CONCRETO PRESFORZADO	VIGA SIMPLE	VIGA T	10.6 m	10.6 m	11	0.57 m				
No. DE SUPERESTRUCTURA	TIPO JUNTAS DE EXPANSIÓN			LOSA			CARACTERÍSTICAS DE PINTURA							
	UBICACIÓN INICIAL		UBICACIÓN FINAL	MATERIALES		ESPESOR	TIPO DE PINTURA	ÁREA PINTADA	ÚLTIMA PINTURA			EMPRESA ENCARGADA		
									DÍA	MES	AÑO			
1	JUNTAS SELLADAS		JUNTAS SELLADAS	CONCRETO		0.08 m		0.0 m2	0	0	0			
DETALLE DE SUBESTRUCTURAS														
BASTIÓN - PILA							FUNDACIÓN				APOYO			
NOMBRE	MATERIALES	TIPO BASTION	ALTURA	TIPO PILA	DIMENSIONES		TIPO	DIMENSIONES		TIPO PILOTES	TIPO		ANCHO DE ASIENTO	
					ANCHO	LARGO		ANCHO	LARGO		INICIAL	FINAL		
B1	CONCRETO	VOLADIZO	3.55 m		11.25 m	0.0 m	NO SE TIENE INFORMACIÓN	0.0 m	0.0 m				0.0 m	
B2	CONCRETO	VOLADIZO	4.05 m		11.25 m	0.0 m	NO SE TIENE INFORMACIÓN	0.0 m	0.0 m				0.0 m	

INVENTARIO DE PUENTE

NOMBRE DEL PUENTE	RÍO TOYOGRES (MCAR029)			LOCALIZACIÓN	PROVINCIA	CARTAGO	ENCARGADO					DÍA	MES	AÑO
RUTA N°	30105 000	RUTA	CANTONAL		CANTÓN	CARTAGO	LATITUD NORTE	9.0°	50.0'	37.3"	FECHA DE DISEÑO			
KILÓMETRO	2.32 km				DISTRITO	DULCE NOMBRE	LONGITUD OESTE	83.0°	54.0'	18.5"	FECHA DE CONSTRUCCIÓN			

PLANOS



Planta

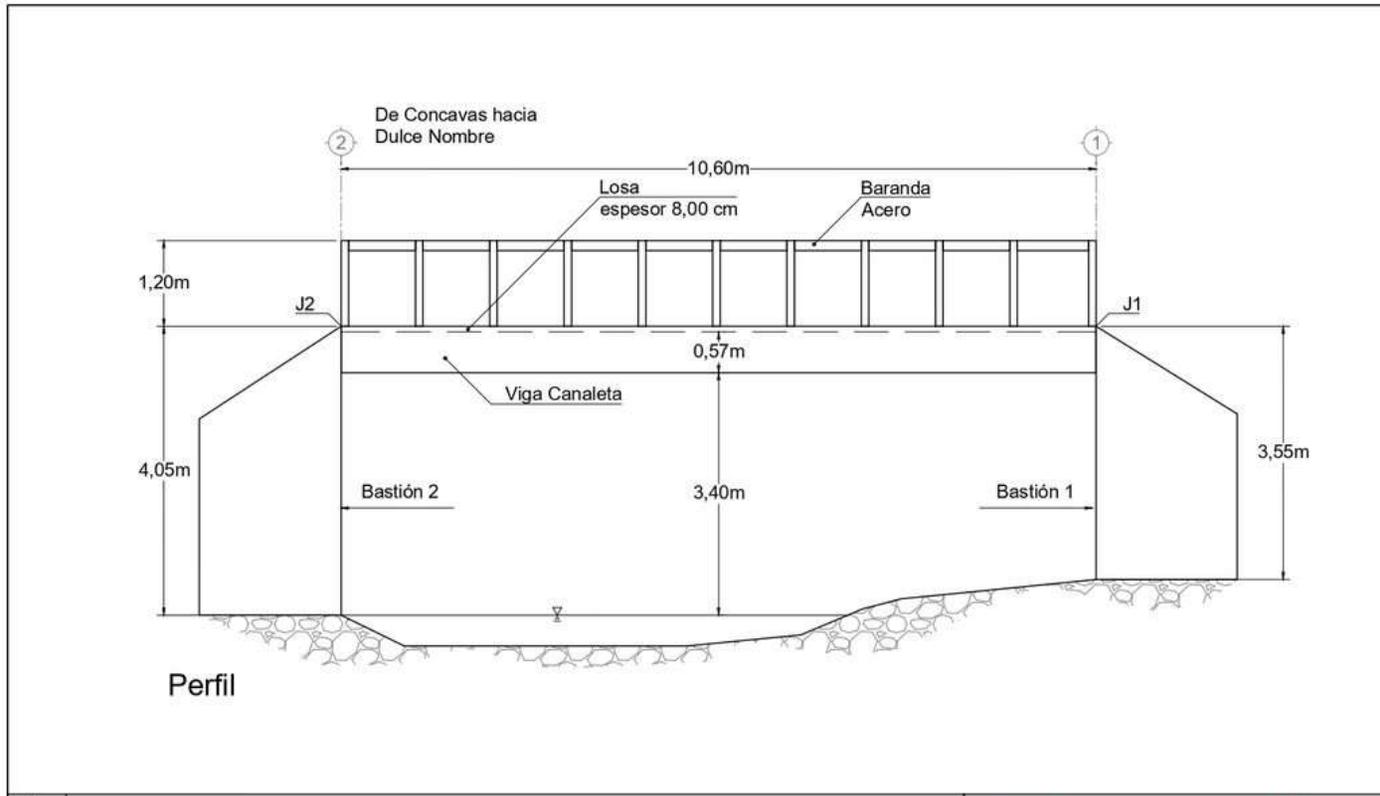
- Notas**
1. Grietas en dos direcciones de 2 mm de espesor.
 2. Grietas en una dirección de 1,5 mm de espesor.
 3. Abrasión y desgaste.

Puente	Río Toyogres.		
Ruta N°	30105000.		
Provincia	Cartago.		
Cantón	Cartago.		
Distrito	Dulce Nombre.		
Inspector	Dibujante	Año	Lámina
Rolando P.	Tommy P.	2021	1/5

INVENTARIO DE PUENTE			
NOMBRE DEL PUENTE	RÍO TOYOGRES (MCAR029)		
RUTA N°	30105 000	RUTA	CANTONAL
KILÓMETRO	2.32 km		

LOCALIZACIÓN	PROVINCIA	CARTAGO	ENCARGADO				DÍA	MES	AÑO
	CANTÓN	CARTAGO	LATITUD NORTE	9.0°	50.0'	37.3"	FECHA DE DISEÑO		
	DISTRITO	DULCE NOMBRE	LONGITUD OESTE	83.0°	54.0'	18.5"	FECHA DE CONSTRUCCIÓN		

PLANOS



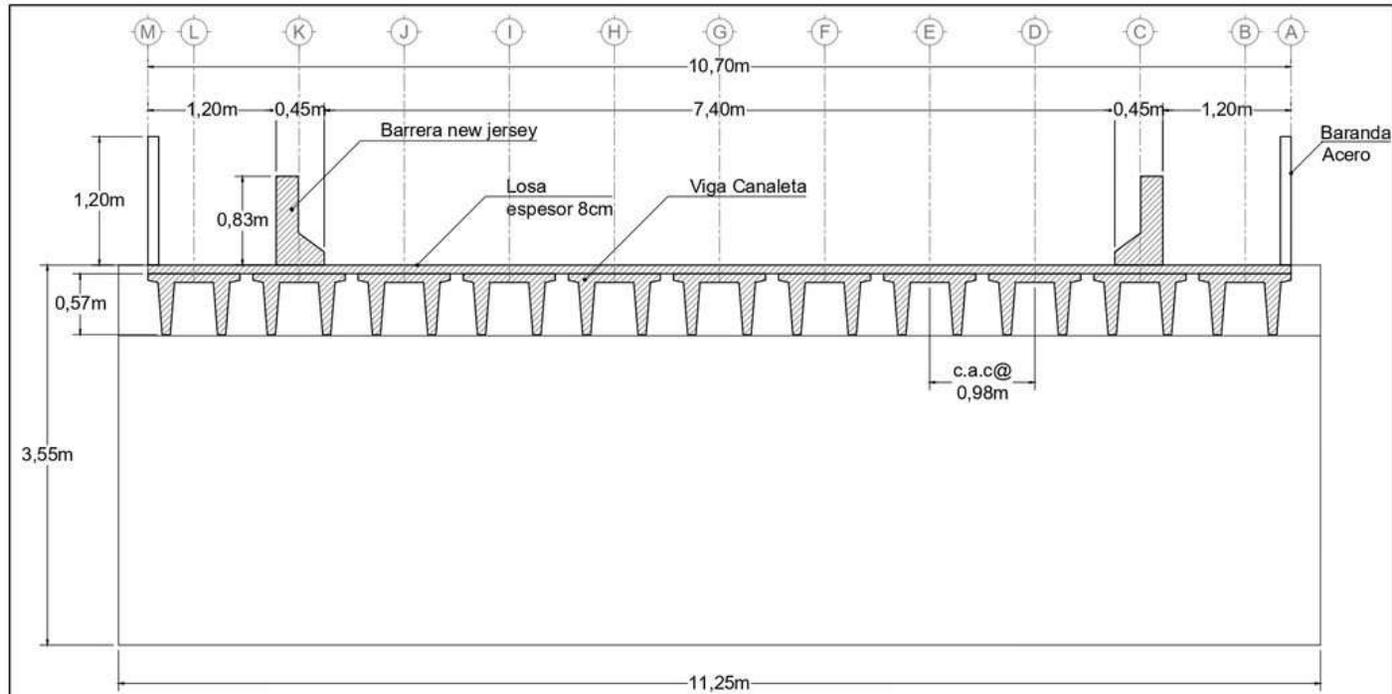
Notas

Puente	Río Toyogres.			
Ruta N°	30105000.			
Provincia	Cartago.			
Cantón	Cartago.			
Distrito	Dulce Nombre.			
Inspector	Dibujante	Año	Lámina	
Rolando P.	Tommy P.	2021	2/5	

INVENTARIO DE PUENTE			
NOMBRE DEL PUENTE	RÍO TOYOGRES (MCAR029)		
RUTA N°	30105 000	RUTA	CANTONAL
KILÓMETRO	2.32 km		

LOCALIZACIÓN	PROVINCIA	CARTAGO	ENCARGADO				DÍA	MES	AÑO
	CANTÓN	CARTAGO	LATITUD NORTE	9.0°	50.0'	37.3"	FECHA DE DISEÑO		
	DISTRITO	DULCE NOMBRE	LONGITUD OESTE	83.0°	54.0'	18.5"	FECHA DE CONSTRUCCIÓN		

PLANOS



Bastión 1
Corte A-A

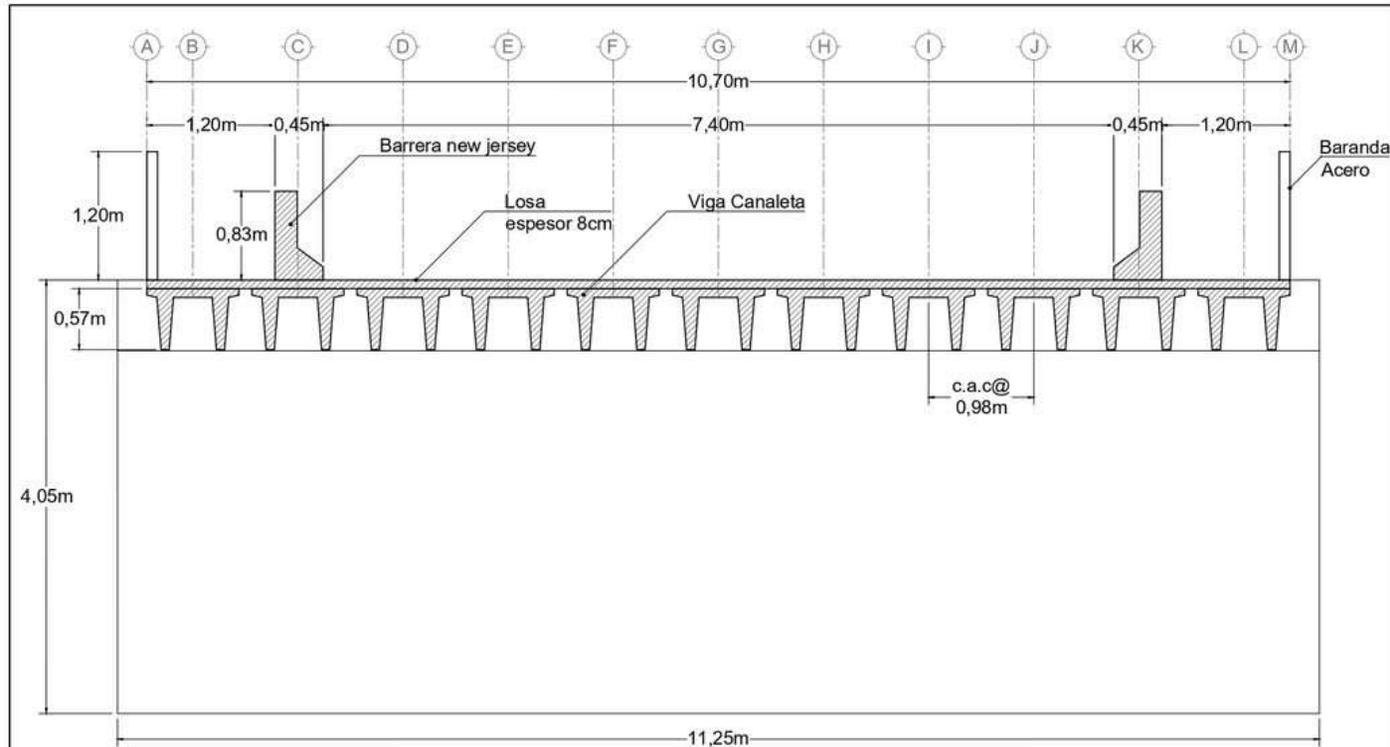
Notas

Puente	Río Toyogres.		
Ruta N°	30105000.		
Provincia	Cartago.		
Cantón	Cartago.		
Distrito	Dulce Nombre.		
Inspector	Dibujante	Año	Lámina
Rolando P.	Tommy P.	2021	3/5

INVENTARIO DE PUENTE			
NOMBRE DEL PUENTE	RÍO TOYOGRES (MCAR029)		
RUTA N°	30105 000	RUTA	CANTONAL
KILÓMETRO	2.32 km		

LOCALIZACIÓN	PROVINCIA	CARTAGO	ENCARGADO				DÍA	MES	AÑO
	CANTÓN	CARTAGO	LATITUD NORTE	9.0°	50.0'	37.3"	FECHA DE DISEÑO		
	DISTRITO	DULCE NOMBRE	LONGITUD OESTE	83.0°	54.0'	18.5"	FECHA DE CONSTRUCCIÓN		

PLANOS



Bastión 2 Corte B-B

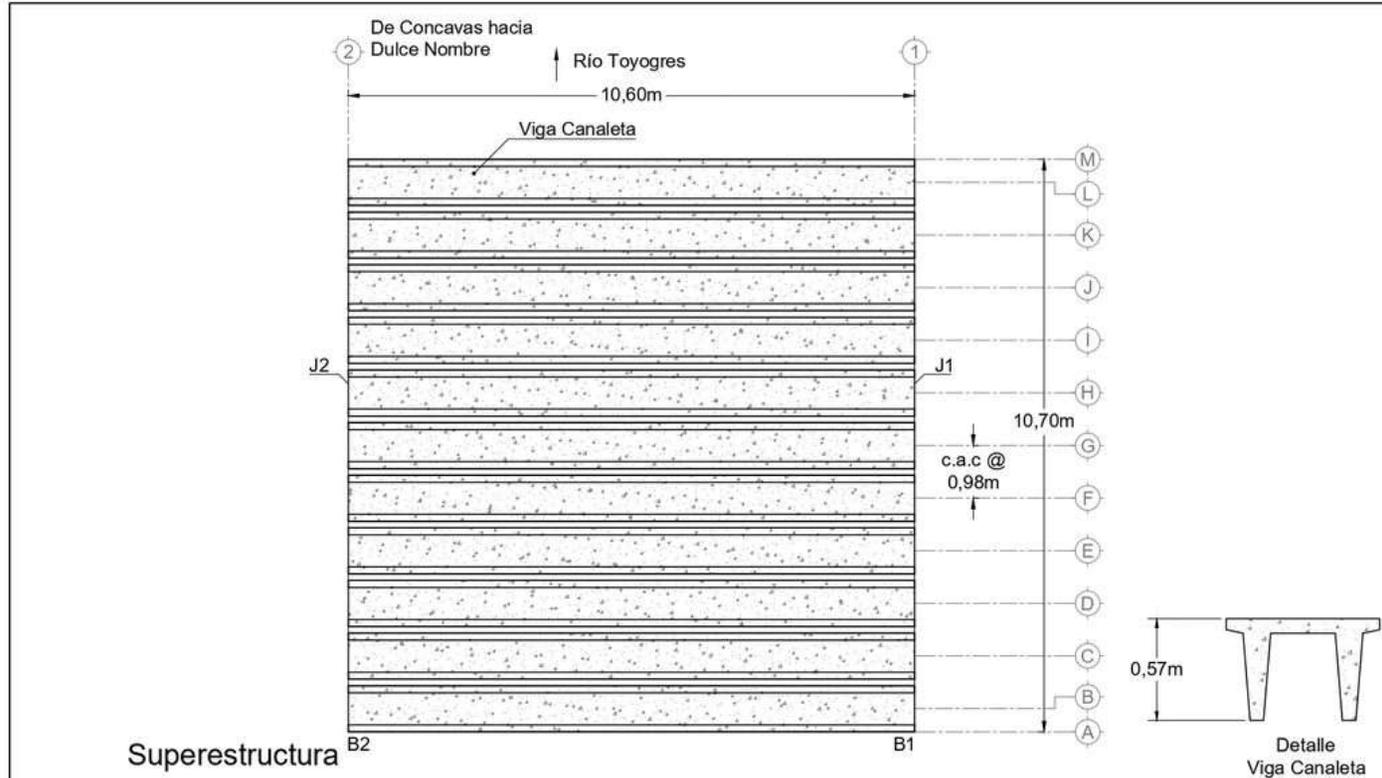
Notas

Puente	Río Toyogres.		
Ruta N°	30105000.		
Provincia	Cartago.		
Cantón	Cartago.		
Distrito	Dulce Nombre.		
Inspector	Dibujante	Año	Lámina
Rolando P.	Tommy P.	2021	4/5

INVENTARIO DE PUENTE

NOMBRE DEL PUENTE	RÍO TOYOGRES (MCAR029)			LOCALIZACIÓN	PROVINCIA	CARTAGO	ENCARGADO				DÍA	MES	AÑO	
RUTA N°	30105 000	RUTA	CANTONAL		CANTÓN	CARTAGO	LATITUD NORTE	9.0°	50.0'	37.3"	FECHA DE DISEÑO			
KILÓMETRO	2.32 km				DISTRITO	DULCE NOMBRE	LONGITUD OESTE	83.0°	54.0'	18.5"	FECHA DE CONSTRUCCIÓN			

PLANOS



Notas

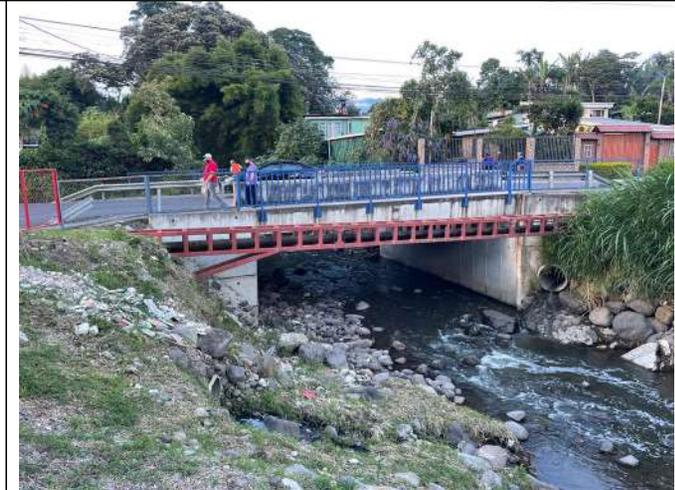
Puente	Río Toyogres.		
Ruta N°	30105000.		
Provincia	Cartago.		
Cantón	Cartago.		
Distrito	Dulce Nombre.		
Inspector	Dibujante	Año	Lámina
Rolando P.	Tommy P.	2021	5/5

INVENTARIO DE PUENTE			
NOMBRE DEL PUENTE	RÍO TOYOGRES (MCAR029)		
RUTA N°	30105 000	RUTA	CANTONAL
KILÓMETRO	2.32 km		

LOCALIZACIÓN	PROVINCIA	CARTAGO	ENCARGADO				DÍA	MES	AÑO
	CANTÓN	CARTAGO	LATITUD NORTE	9.0°	50.0'	37.3"	FECHA DE DISEÑO		
	DISTRITO	DULCE NOMBRE	LONGITUD OESTE	83.0°	54.0'	18.5"	FECHA DE CONSTRUCCIÓN		

FOTOGRAFÍAS

No.	1	UBICACIÓN	LÍNEA DE CENTRO	No.	2	UBICACIÓN	VISTA DEL CAUCE	No.	3	UBICACIÓN	VISTA GENERAL
-----	---	-----------	-----------------	-----	---	-----------	-----------------	-----	---	-----------	---------------



NOTA		DÍA	MES	AÑO	NOTA		DÍA	MES	AÑO	NOTA		DÍA	MES	AÑO
		25	10	2021			25	10	2021			25	10	2021

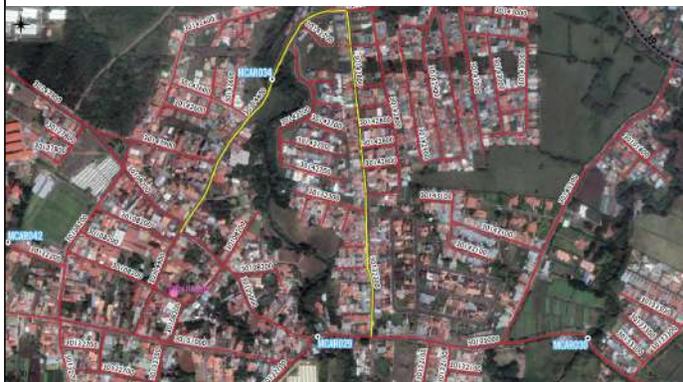
No.	5	UBICACIÓN	VISTA INFERIOR	No.	6	UBICACIÓN	BASTIÓN 1	No.	7	UBICACIÓN	BASTIÓN 2
-----	---	-----------	----------------	-----	---	-----------	-----------	-----	---	-----------	-----------



NOTA		DÍA	MES	AÑO	NOTA		DÍA	MES	AÑO	NOTA		DÍA	MES	AÑO
		25	10	2021			25	10	2021			25	10	2021

INVENTARIO DE PUENTE										DÍA	MES	AÑO	
NOMBRE DEL PUENTE	RÍO TOYOGRES (MCA029)				LOCALIZACIÓN	PROVINCIA	CARTAGO	ENCARGADO					
RUTA N°	30105 000	RUTA	CANTONAL	CANTÓN		CARTAGO	LATITUD NORTE	9.0°	50.0'	37.3"	FECHA DE DISEÑO		
KILÓMETRO	2.32 km					DISTRITO	DULCE NOMBRE	LONGITUD OESTE	83.0°	54.0'	18.5"	FECHA DE CONSTRUCCIÓN	

FOTOGRAFÍAS

No.	8	UBICACIÓN	VISTA LATERAL	No.	9	UBICACIÓN	RUTA ALTERNA		
									
NOTA			DÍA 25	MES 10	AÑO 2021	NOTA	DÍA 0	MES 0	AÑO 0

INSPECCIÓN DE PUENTE					NÚMERO DE SUPERESTRUCTURA				1			Página 1 de 4				
NOMBRE DEL PUENTE		RÍO TOYOGRES (MCAR029)			LOCALIZACIÓN	PROVINCIA	CARTAGO		ENCARGADO					DÍA	MES	AÑO
RUTA N°	3010 5000	RUTA	CANTONAL	CANTÓN		CARTAGO		LATITUD NORTE	9.0°	50.0'	37.3"	FECHA DE DISEÑO				
KILÓMETRO	2.32 km			DISTRITO		DULCE NOMBRE		LONGITUD OESTE	83.0°	54.0'	18.5"	FECHA DE CONSTRUCCIÓN				
TIPO DE DAÑO Y EVALUACIÓN DEL GRADO DE DAÑO																
1. PAVIMENTO	ITEM	1. ONDULACIÓN	2.ZURCOS	3.AGRIETAMIENTO	4.BACHES	5.SOBRECAPAS DE ASFALTO										
	EVALUACIÓN	0	0	0	0	0										
2. BARANDA (ACERO)	ITEM	1.DEFORMACIÓN	2.OXIDACIÓN	3.CORROSIÓN	4.FALTANTE											
	EVALUACIÓN	1	1	1	1											
3. BARANDA (CONCRETO)	ITEM	1.AGRIETAMIENTO	2.ACERO DE REFUERZO EXPUESTO	3.FALTANTE												
	EVALUACIÓN	0	0	0												
4. JUNTA DE EXPANSIÓN	ITEM	1.SONIDOS EXTRAÑOS	2.FILTRACIÓN DE AGUAS	3.FALTANTE O DEFORMACIÓN	4.MOVIMIENTO VERTICAL	5.JUNTAS	6.ACERO DE									
	EVALUACIÓN	1	1	1	1	1	1									
5. LOSA	ITEM	1.GRIETAS EN UNA DIRECCIÓN	2.GRIETAS EN DOS DIRECCIONES	3.DESCASCARAMIENTO	4.ACERO DE REFUERZO	5.NIDOS DE PIEDRA	6.EFLORECIENCIA	7.AGUJEROS								
	EVALUACIÓN	3	3	1	1	1	1	1								
6. VIGA PRINCIPAL DE ACERO	ITEM	1.OXIDACIÓN	2.CORROSIÓN	3.DEFORMACIÓN	4.PÉRDIDA DE PERNOS	5.GRIETAS EN SOLDADURA O PLACA										
	EVALUACIÓN	0	0	0	0	0										
7. SISTEMA DE ARRIOSTRAMIENTO	ITEM	1.OXIDACIÓN	2.CORROSIÓN	3.DEFORMACIÓN	4.ROTURA DE UNIONES	5.ROTURA DE ELEMENTOS										
	EVALUACIÓN	0	0	0	0	0										
8. PINTURA	ITEM	1.DECOLORACIÓN	2.AMPOLLAS	3.DESCASCARAMIENTO												
	EVALUACIÓN	0	0	0												
9. VIGA PRINCIPAL DE CONCRETO	ITEM	1.GRIETAS EN UNA DIRECCIÓN	2.GRIETAS EN DOS DIRECCIONES	3.DESCASCARAMIENTO	4.ACERO DE REFUERZO	5.NIDOS DE PIEDRA	6.EFLORECIENCIA									
	EVALUACIÓN	1	1	2	1	1	1									
10. VIGA DIAFRAGMA CONCRETO	ITEM	1.GRIETAS EN UNA DIRECCIÓN	2.GRIETAS EN DOS DIRECCIONES	3.DESCASCARAMIENTO	4.ACERO DE REFUERZO	5.NIDOS DE PIEDRA	6.EFLORECIENCIA									
	EVALUACIÓN	1	1	1	1	1	1									
11. APOYOS	ITEM	1.ROTURA DE APOYOS	2.DEFORMACIÓN EXTRAÑA	3.INCLINACIÓN	4.DESPLAZAMIENTO											
	EVALUACIÓN	0	0	0	0											
12. PARED CABEZAL Y ALETONES (BASTIONES)	ITEM	1.GRIETAS EN UNA DIRECCIÓN	2.GRIETAS EN DOS DIRECCIONES	3.DESCASCARAMIENTO	4.ACERO DE REFUERZO	5.NIDOS DE PIEDRA	6.EFLORECIENCIA	7. PROTECCIÓN DE TERRAPLÉN								
	EVALUACIÓN	1	1	1	1	1	1	1								
13. CUERPO PRINCIPAL (BASTION)	ITEM	1.GRIETAS EN UNA DIRECCIÓN	2.GRIETAS EN DOS DIRECCIONES	3.DESCASCARAMIENTO	4.ACERO DE REFUERZO	5.NIDOS DE PIEDRA	6.EFLORECIENCIA	7.PENDIENTE EN TALUDES	8.INCLINACIÓN	9.SOCAVACIÓN						
	EVALUACIÓN	1	1	1	1	1	1	1	1	1						
14. MARTILLO (PILA)	ITEM	1.GRIETAS EN UNA DIRECCIÓN	2.GRIETAS EN DOS DIRECCIONES	3.DESCASCARAMIENTO	4.ACERO DE REFUERZO	5.NIDOS DE PIEDRA	6.EFLORECIENCIA									
	EVALUACIÓN	0	0	0	0	0	0									
15. CUERPO PRINCIPAL (PILA)	ITEM	1.GRIETAS EN UNA DIRECCIÓN	2.GRIETAS EN DOS DIRECCIONES	3.DESCASCARAMIENTO	4.ACERO DE REFUERZO	5.NIDOS DE PIEDRA	6.EFLORECIENCIA	7.INCLINACIÓN	8.SOCAVACIÓN							
	EVALUACIÓN	0	0	0	0	0	0	0	0							
EVALUACIÓN	GRADO DEL DAÑO		SOCAVACIÓN													
1	Ningún daño visible		No se observa socavación													
2	En pocos lugares		No aplica													
3	En muchos lugares		Se observa socavación pero no se extiende a la fundación													
4	En menos de la mitad		No aplica													
5	En la mayoría de las partes		La fundación aparece por la socavación													
FECHA INSPECCIÓN			NOMBRE INSPECTOR			FIRMA										
25	10	2021	ROLANDO PEREIRA													

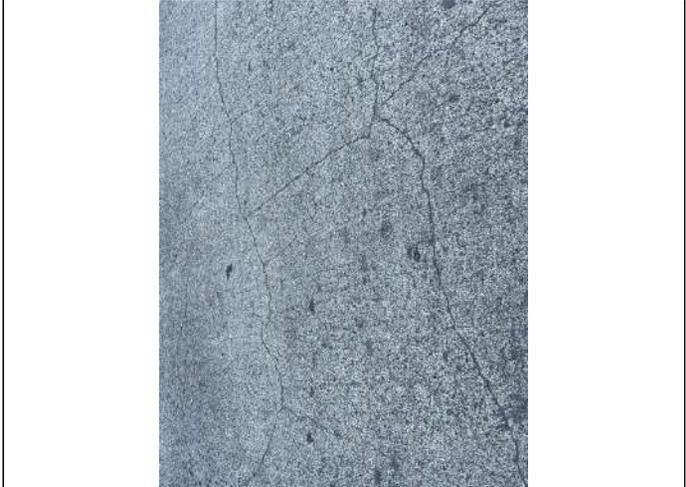
INSPECCIÓN DE PUENTE				NÚMERO DE SUPERESTRUCTURA					1					
NOMBRE DEL PUENTE	RÍO TOYOGRES (MCAR029)			LOCALIZACIÓN	PROVINCIA	CARTAGO	ENCARGADO				DÍA	MES	AÑO	
RUTA N°	3010 5000	RUTA	CANTONAL		CANTÓN	CARTAGO	LATITUD NORTE	9.0°	50.0'	37.3"	FECHA DE DISEÑO			
KILÓMETRO	2.32 km				DISTRITO	DULCE NOMBRE	LONGITUD OESTE	83.0°	54.0'	18.5"	FECHA DE CONSTRUCCIÓN			
OBSERVACIONES														

*ACCESORIOS:
 *BARANDAS: ELEMENTOS EN ADECUADAS CONDICIONES.
 *JUNTAS DE EXPANSIÓN: ELEMENTOS EN ADECUADAS CONDICIONES.
 *SUPERESTRUCTURA:
 *LOSA DE CONCRETO: EN LA PARTE SUPERIOR DE LA LOSA SE DETECTÓ DESGASTE Y ABRASIÓN DEL CONCRETO, PRODUCTO DEL PASO CONTINUO DE LOS VEHÍCULOS. SE MIDIERON ALGUNAS GRIETAS EN 2 DIRECCIONES DE HASTA 1MM DE ESPESOR, ASÍ COMO GRIETAS EN 2 DIRECCIONES DE HASTA 1.50MM DE ESPESOR.
 *VIGA PRINCIPAL CONCRETO: ELEMENTOS QUE ESTRUCTURALMENTE SE ENCUENTRAN EN ADECUADAS CONDICIONES. SOLAMENTE SE OBSERVÓ EN UN SITIO EN ESPECÍFICO UN INICIO DE DESCASCARAMIENTO DEL CONCRETO.
 *VIGA DIAFRAGMA: ELEMENTO AL QUE NO SE LE ASOCIAN DAÑOS.
 *APOYO: AL NO EXISTIR UN ELEMENTO DE APOYO COMO TAL ENTRE VIGAS Y BASTIONES NO SE CALIFICAN.
 *SUBESTRUCTURA:
 *ALETONES Y CUERPO PRINCIPAL: A NIVEL DE SUBESTRUCTURAS EL PUENTE NO POSEE DAÑOS ASOCIADOS.

INSPECCIÓN DE PUENTE				NÚMERO DE SUPERESTRUCTURA				1									
NOMBRE DEL PUENTE		RÍO TOYOGRES (MCAR029)				PROVINCIA		CARTAGO		ENCARGADO							
RUTA N°		3010	5000	RUTA		CANTÓN		CARTAGO		LATITUD NORTE	9.0°	50.0'	37.3"	FECHA DE DISEÑO			
KILÓMETRO		2.32 km				DISTRITO		DULCE NOMBRE		LONGITUD OESTE	83.0°	54.0'	18.5"	FECHA DE CONSTRUCCIÓN			

FOTOGRAFÍAS

No.	1	UBICACIÓN	BARANDA			No.	2	UBICACIÓN	JUNTA DE EXPANSIÓN			No.	3	UBICACIÓN	LOSA DE CONCRETO		
-----	---	-----------	---------	--	--	-----	---	-----------	--------------------	--	--	-----	---	-----------	------------------	--	--



NOTA		BUEN ESTADO DE BARANDA			DÍA	MES	AÑO	NOTA		ESTADO DE JUNTAS			DÍA	MES	AÑO	NOTA		GRIETA EN 2 DIRECCIONES EN LOSA DE CONCRETO			DÍA	MES	AÑO
					25	10	2021						25	10	2021						25	10	2021

No.	4	UBICACIÓN	LOSA DE CONCRETO			No.	5	UBICACIÓN	VIGA DE CONCRETO			No.	6	UBICACIÓN	VIGA DE CONCRETO		
-----	---	-----------	------------------	--	--	-----	---	-----------	------------------	--	--	-----	---	-----------	------------------	--	--



NOTA		GRIETA EN 1 DIRECCIÓN EN LOSA DE CONCRETO			DÍA	MES	AÑO	NOTA		ESTAO DE VIGAS			DÍA	MES	AÑO	NOTA		ESTAO DE VIGAS			DÍA	MES	AÑO
					25	10	2021						25	10	2021						25	10	2021

INSPECCIÓN DE PUENTE				NÚMERO DE SUPERESTRUCTURA				1					
NOMBRE DEL PUENTE		RÍO TOYOGRES (MCAR029)		LOCALIZACIÓN	PROVINCIA	CARTAGO		ENCARGADO			DÍA	MES	AÑO
RUTA N°	3010 5000	RUTA	CANTONAL		CANTÓN	CARTAGO		LATITUD NORTE	9.0°	50.0'	37.3"	FECHA DE DISEÑO	
KILÓMETRO	2.32 km				DISTRITO	DULCE NOMBRE		LONGITUD OESTE	83.0°	54.0'	18.5"	FECHA DE CONSTRUCCIÓN	

FOTOGRAFÍAS

No.	7	UBICACIÓN	VIGA DE CONCRETO	No.	8	UBICACIÓN	BASTIÓN	No.	9	UBICACIÓN	VIGA DE CONCRETO
-----	---	-----------	------------------	-----	---	-----------	---------	-----	---	-----------	------------------



NOTA	ESTAO DE VIGAS	DÍA	MES	AÑO	NOTA	ESTADO DE BASTIÓN	DÍA	MES	AÑO	NOTA	ESTAO DE VIGAS	DÍA	MES	AÑO
		25	10	2021			25	10	2021			25	10	2021

Formulario de Inspección de Puentes - Evaluación de la Seguridad Vial

Instrucción: Marque con si el ítem cumple, y si el ítem no aplica o no se pudo revisar.

Código de puente MCAR029

Inspector ROLANDO PEREIRA

Nombre de puente RIO TOYOGRES

Fecha 25 / 10 / 2021

Información sobre seguridad vial a recopilar de los accesos y el puente

Horario de la evaluación:

Diurna Nocturna Diurna y nocturna

Superficie de rodamiento del puente (calzada)

Tipo de calzada:

Asfalto Concreto Madera Otro: _____

Estado de la superficie:

Inclínada Resbalosa Deformada
 Buen estado Baches Otro: _____

Señalización horizontal en el puente (diurna y nocturna)

¿Hay línea de centro?

Sí No NA

Condición de la línea de centro:

Excelente Regular Deficiente NA

¿Hay línea de borde de carril?

Sí No

Condición de la línea de borde de carril:

Excelente Regular Deficiente NA

¿Hay captaluces?

Sí No

Condición de los captaluces:

Excelente Regular Deficiente NA

Iluminación (nocturna)

¿Hay iluminación en el puente?

Sí No

Condición general de la iluminación:

Excelente Regular Deficiente NA

Formulario de Inspección de Puentes - Evaluación de la Seguridad Vial

Sistema de Contención Vehicular (SCV) en el puente

¿Hay sistema de contención vehicular?

Altura del sistema desde la superficie de rodamiento

Sí No

0.80 (cm)

Estado general del sistema (visualmente):

Excelente Regular Deficiente NA

¿Cuál es la altura del bordillo?

menor a 10 cm mayor a 10 cm No hay bordillo

¿Existe continuidad con los sistemas de contención de los accesos A y B?

¿Existe un terminal adecuado del sistema?

Sí No Sí No

Espaciamiento entre los postes (si el sistema es flexible): _____ (en metros)

NA

Peatones y ciclistas

Flujo de peatones:

Bajo Medio Alto NA

¿Existe acera peatonal en el puente?

Condición general de la acera peatonal:

Sí No Adecuada Inadecuada NA

Ancho de la acera peatonal: 1.20 M.

NA

Flujo de ciclistas:

Bajo Medio Alto NA

¿Existe ciclovía en el puente?

Condición general de la ciclovía:

Sí No Adecuada Inadecuada NA

Ancho de la ciclovía: _____

NA

Formulario de Inspección de Puentes - Evaluación de la Seguridad Vial

Otros

Drenajes:

Inexistentes Buen estado en general Inadecuados Obstruidos / agua empozada

¿Hay publicidad comercial en el puente o en sus accesos?

Sí No

¿Hay paradas de autobús en las cercanías al puente?

Sí No

Observaciones:

Sin observaciones

ACCESO A (Junta 1) Y B (Junta 2)

Distancia de visibilidad del acceso desde la cual se observa el inicio del puente:

A < 50 m 50-100 m 100-200 m

200-300 m 300-400 m > 400 m

B < 50 m 50-100 m 100-200 m

200-300 m 300-400 m > 400 m

¿Condición de la visibilidad? (diurna y nocturna)

A Excelente Regular Deficiente

B Excelente Regular Deficiente

Formulario de Inspección de Puentes - Evaluación de la Seguridad Vial

ACCESO A (Junta 1) Y B (Junta 2)

¿Existe medianera?

A Sí No Ancho de la medianera: _____ NA

B Sí No Ancho de la medianera: _____ NA

Señalización horizontal (diurna y nocturna)

¿Hay línea de centro?

Condición de la línea de centro:

A Sí No NA Excelente Regular Deficiente NA

B Sí No NA Excelente Regular Deficiente NA

¿Hay línea de borde de carril?

Condición de la línea de borde de carril:

A Sí No Excelente Regular Deficiente NA

B Sí No Excelente Regular Deficiente NA

¿Hay captaluces?

Condición de los captaluces:

A Sí No Excelente Regular Deficiente NA

B Sí No Excelente Regular Deficiente NA

Sistema de contención vehicular

¿Hay sistema de contención vehicular?

A Sí No

B Sí No

Formulario de Inspección de Puentes - Evaluación de la Seguridad Vial

ACCESO A (Junta 1) Y B (Junta 2)

Tipo de sistema:

A Flexible Rígido Otro: _____ NA

B Flexible Rígido Otro: _____ NA

Estado del sistema

A Excelente Regular Deficiente

B Excelente Regular Deficiente

Alineamiento y geometría de la vía

Alineamiento/curvatura horizontal:

A Suave Moderada Abrupta

B Suave Moderada Abrupta

Alineamiento/curvatura vertical:

A Suave Moderada Abrupta

B Suave Moderada Abrupta

Otro:

¿Existe una diferencia entre la calzada del acceso y la calzada del puente generando un ingreso abrupto al puente?

A Sí No

B Sí No

¿Existe vegetación que dificulta la visibilidad?

A Sí No

B Sí No

Formulario de Inspección de Puentes - Evaluación de la Seguridad Vial

ACCESO A (Junta 1) Y B (Junta 2)

¿Existe alguno de estos obstáculos?

A No Poste Alcantarilla Otro: _____

B No Poste Alcantarilla Otro: _____

RESUMEN EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD VIAL

Ítem	Existencia		Estado		
	Excelente	Regular	Deficiente		
Señalización vertical	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Señalización horizontal	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Guardavías	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Iluminación	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Aceras	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Paso peatonal	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Barandas	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Recordatorio: Describir adicionalmente aspectos que considere importantes en este tema

Observaciones:

Sin observaciones

Formularios de Inspección de Puentes - Variables Ambientales

Instrucción: Marque con si el ítem cumple, y si el ítem no aplica o no se pudo revisar.

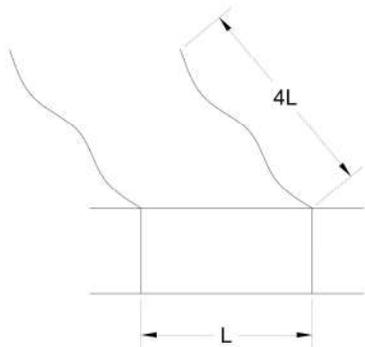
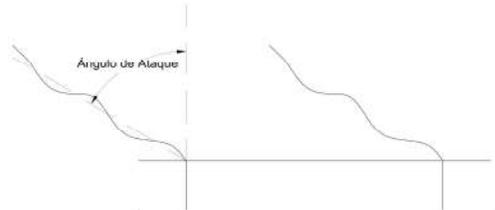
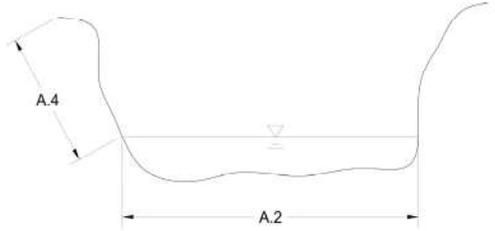
Código de puente MCAR029

Inspector Rolando Pereira

Nombre de puente Río Toyogres

Fecha 25 / 10 / 2021

INFORMACION AMBIENTAL – CARACTERÍSTICAS DEL CAUCE

Variable a medir	Dato medido	Observaciones
Ancho del cauce aguas arriba (A.1)	B= <u>5,00</u> m.	
Ancho del cauce aguas abajo (A.1)	B= <u>5,00</u> m.	
Caracterización del cauce(A.2)	<input checked="" type="checkbox"/> Rocas <input checked="" type="checkbox"/> Vegetación <input checked="" type="checkbox"/> Estructuras existentes <input type="checkbox"/> Otros	
Ángulo de ataque (A.3)	Ángulo = <u>0</u> °	
Caracterización de los márgenes del cauce(A.4)	<input checked="" type="checkbox"/> Rocas <input checked="" type="checkbox"/> Vegetación <input checked="" type="checkbox"/> Estructuras existentes <input type="checkbox"/> Otros	
Contaminación	<input type="checkbox"/> Presencia de basura <input type="checkbox"/> Tubería de descarga <input type="checkbox"/> Otros	
Intervención del cauce	<input type="checkbox"/> Dragados <input type="checkbox"/> Diques <input type="checkbox"/> Tuberías	
Marcas de agua de inundaciones sobre la estructura	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No Altura = _____ m.	

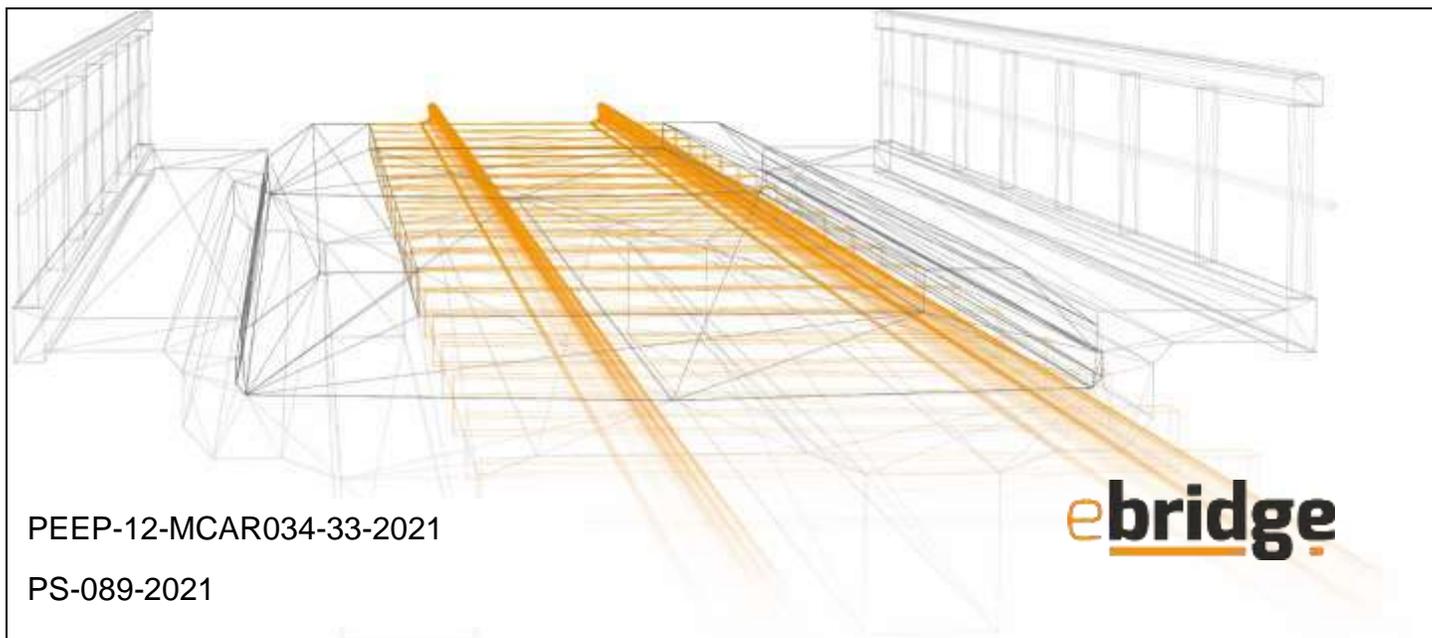
A.1 medida a una distancia entre L hasta 4L donde L es la longitud del puente

A.3 el menor ángulo de incidencia del agua con respecto a la dirección de los bastiones

A.2 caracterización del cauce
A.4 caracterización de los márgenes del cauce

Formularios de Inspección de Puentes - Variables Ambientales

Variable a medir	Dato medido	Observaciones
Márgenes del río	Desprendimiento de material <input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	
Caracterización de zona aledaña al puente (45m alrededor)	<input checked="" type="checkbox"/> Viviendas (Invasión) <input type="checkbox"/> Agrícola <input type="checkbox"/> Libre <input type="checkbox"/> Otros	
Consulta a vecinos sobre inundaciones u otros fenómenos naturales	Sin observaciones	
Caracterización del tráfico. Consulta a vecinos sobre el tipo de vehículos que transitan	Sin observaciones	
Observaciones:		
Sin observaciones		



PEEP-12-MCAR034-33-2021

PS-089-2021

Informe de Inspección

Fecha de emisión:
07/12/2021



Tecnológico de Costa Rica
Escuela de Ingeniería en Construcción
Centro de Investigaciones en Vivienda y Construcción
Servicios de Inspección
Programa de Evaluación de Estructuras de Puentes

Contactos:

Tel: (506) 2550-9088, 2550-2309, 2550-9464

Email: civco@tec.ac.cr

www.tec.ac.cr

PUENTE SOBRE RÍO TOYOGRES

Ruta N° 30114400

<p>1. Título: Informe de Inventario e Inspección Visual de Daños PUENTE SOBRE RÍO TOYOGRES (DULCE NOMBRE)</p>	<p>2. Fecha de inspección: 25/10/2021</p>
<p>3. Descripción de condiciones especiales durante la inspección: Estado del tiempo: Soleado Nivel de Tránsito: Medio Condiciones de acceso: Directo Seguridad: Sitio Seguro</p>	<p>4. Fecha del informe: 07/12/2021</p>
<p>7. Institución propietaria: Municipalidad de Cartago</p>	
<p>8. Objetivos del informe:</p> <p>8.1. Realizar la inspección de inventario básico, la cual incluye la inspección visual de daños, que debe contener como mínimo toda la información requerida en los formularios del 1 al 7 del Manual de Inspección de Puentes del MOPT.</p> <p>8.2. Realizar la inspección visual de daños de la estructura con base en los criterios establecidos en el Manual de Inspección de Puentes, adicionalmente suministrar información sobre la inspección y evaluación de las estructuras de los accesos, sistemas de drenaje, muros de retención y seguridad vial del puente.</p>	
<p>9. Personal de apoyo: Ricardo Hidalgo Moya</p>	

10. Alcance del informe:

El presente informe se limita a estimar mediante una inspección visual el estado general de los distintos componentes del puente, mediante la asignación de una calificación para los deterioros según escala de grado de daño del Manual de Inspección de Puentes del MOPT. En caso de otros deterioros observados (no categorizados en el Manual) se mostrará el nivel de daño mediante observaciones en el formulario de inspección.

Ningún tipo de prueba o ensayo fue practicado a elemento alguno.

Para determinar las causas de los daños y/o la afectación de la capacidad es necesario una inspección detallada y/o una prueba de carga.

Esta inspección se desarrolló bajo acreditación de acuerdo a Alcance de Acreditación OI-037, alcance disponible en www.eca.or.cr

11. Resumen:

A continuación, se presenta la información general de inventario básico y los principales deterioros encontrados en cada componente del puente: accesorios tales como superficie de ruedo, juntas de expansión y barandas; elementos de superestructura tales como losa, vigas principales, diafragmas, sistemas de arrostramiento, pintura y apoyos y elementos de subestructura como bastiones y pilas.

<p>WILLIAM ALONSO POVEDA MONTOYA (FIRMA)</p> <p>Firmado digitalmente por WILLIAM ALONSO POVEDA MONTOYA (FIRMA) Fecha: 2021.12.06 22:45:12 -06'00'</p>	<p>ALEJANDRO ALFARO ACUÑA (FIRMA)</p> <p>Firmado digitalmente por ALEJANDRO ALFARO ACUÑA (FIRMA) Fecha: 2021.12.07 14:55:03 -06'00'</p>	<p style="text-align: right;">Sello</p> <p>SONIA VARGAS CALDERON (FIRMA)</p> <p>Firmado digitalmente por SONIA VARGAS CALDERON (FIRMA) Fecha: 2021.12.07 13:29:46 -06'00'</p>
<p>Ing. Alonso Poveda Montoya Gestoría técnica</p>	<p>Ing. Alejandro Alfaro Acuña Responsable del Informe</p>	<p>Ing. Sonia Vargas Calderón Coordinación CIVCO</p>

INVENTARIO DE PUENTE

NOMBRE DEL PUENTE	RIO TOYOGRES(MCAR034)		
RUTA N°	30114 400	RUTA	CANTONAL
KILÓMETRO	0.714 km		

LOCALIZACIÓN	PROVINCIA	CARTAGO	ENCARGADO	MUNICIPALIDAD DEL CANTÓN				DÍA	MES	AÑO
	CANTÓN	CARTAGO	LATITUD NORTE	9.0°	50.0'	55.3"	FECHA DE DISEÑO			
	DISTRITO	DULCE NOMBRE	LONGITUD OESTE	83.0°	54.0'	21.7"	FECHA DE CONSTRUCCIÓN			

ELEMENTOS BÁSICOS	
DIRECCIÓN DE LA VÍA HACIA	DULCE NOMBRE
TIPO DE ESTRUCTURA	PUENTE
CARGA VIVA	NO SE TIENE INFORMACIÁ"N
LONGITUD TOTAL	6.0 m
ESPECIFICACIÓN	NO SE TIENE INFORMACIÁ"N
No. DE SUPER ESTRUCTURA	1
No. DE TRAMOS	1
No. DE SUBESTRUCTURA	2
LONGITUD DE DESVÍO	1.254 km
PENDIENTE LONGITUDINAL	0.0 %

UBICACIÓN			VISTA PANORÁMICA			
						

SERVICIOS PÚBLICOS	1	AGUA
	2	TELECOMUNICACIONES
	3	OTROS
	4	

INSPECCIÓN VISUAL DE DAÑOS REALIZADAS						
DÍA	MES	AÑO	INSPECTOR		TIPO DE INSPECCIÓN	
25	10	2021	ALEJANDRO ALFARO ACUÑA		INSPECCIÓN INVENTARIO	

CRUZA SOBRE	1	RIO TOYOGRES
	2	

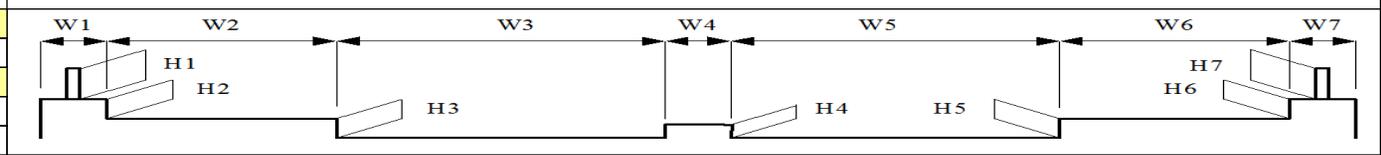
PAVIMENTO	TIPO	ASFALTO	
	ESPESOR	ORIGINAL	0.0 mm
		SOBRE CAPA	100.0 mm

CONTEO DE TRÁFICO	AÑO	2017
	TOTAL DE VEHÍCULOS	470.0
	% VEHÍCULOS PESADOS	0.0

RESTRICCIONES	POR CARGA	0.0 t
	POR ALTURA	0.0 m
	POR ANCHO	0.0 m

CLARO LIBRE				
ALTURA LIBRE VERTICAL	SUPERIOR	0.0 m	ANCHO VIA ACCESO	6.7 m
	INFERIOR	4.11 m		

DIMENSIONES							
ANCHO TOTAL	13.17 m			CALZADA	9.9 m		
ITEMS	1	2	3	4	5	6	7
W(m)	0.14	2.2	3.45	0.0	6.45	0.51	0.42
H(m)	0.92	0.0	0.25	0.0	0.28	0.0	0.87



INVENTARIO DE PUENTE														
NOMBRE DEL PUENTE	RIO TOYOGRES(MCAR034)			LOCALIZACIÓN	PROVINCIA	CARTAGO	ENCARGADO	MUNICIPALIDAD DEL CANTÓN				DÍA	MES	AÑO
RUTA N°	30114 400	RUTA	CANTONAL		CANTÓN	CARTAGO	LATITUD NORTE	9.0°	50.0'	55.3"	FECHA DE DISEÑO			
KILÓMETRO	0.714 km				DISTRITO	DULCE NOMBRE	LONGITUD OESTE	83.0°	54.0'	21.7"	FECHA DE CONSTRUCCIÓN			
OBSERVACIONES DEL INVENTARIO BÁSICO														

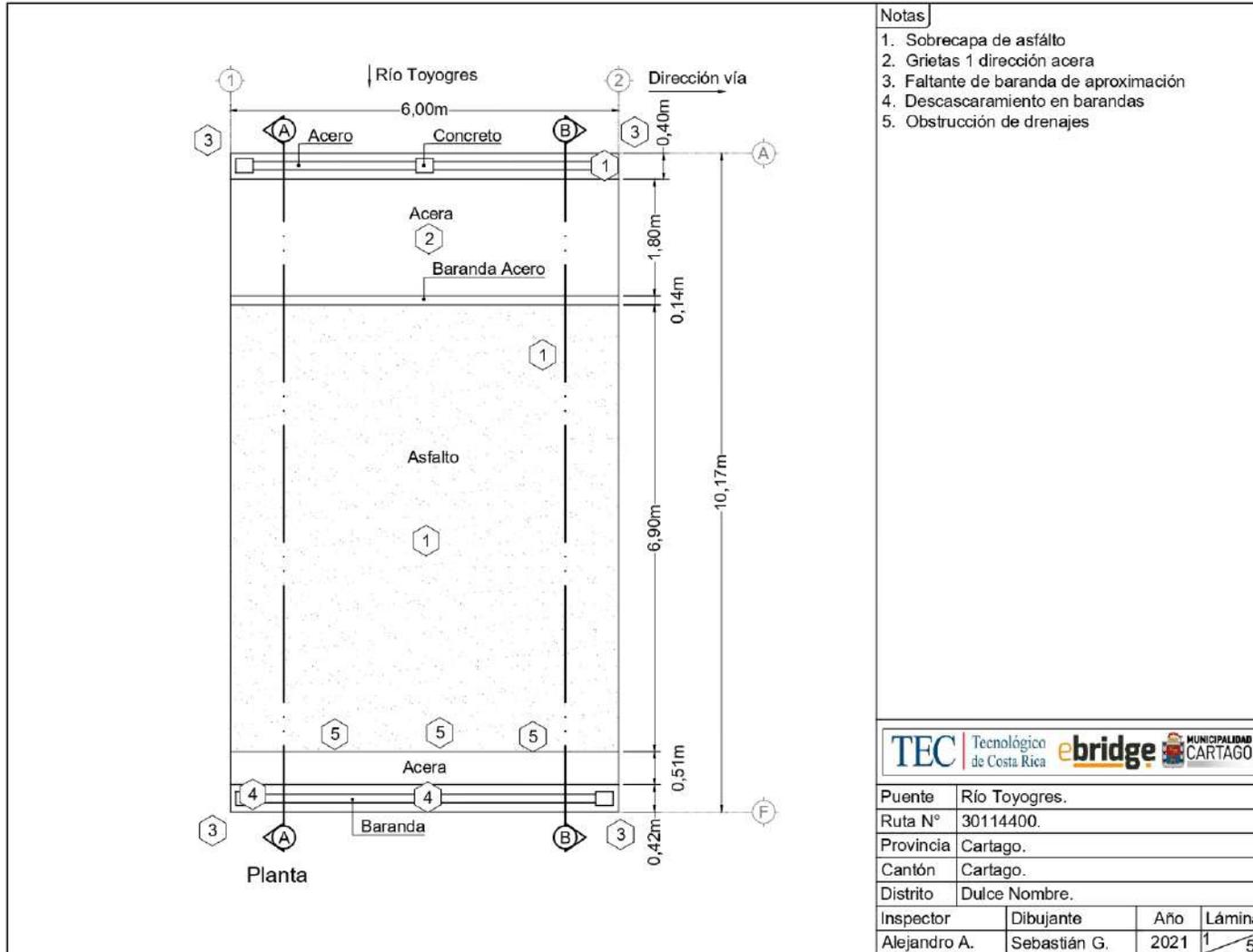
INVENTARIO DE PUENTE														
NOMBRE DEL PUENTE	RIO TOYOGRES(MCAR034)			LOCALIZACIÓN	PROVINCIA	CARTAGO	ENCARGADO	MUNICIPALIDAD DEL CANTÓN			DÍA	MES	AÑO	
RUTA N°	30114 400	RUTA	CANTONAL		CANTÓN	CARTAGO	LATITUD NORTE	9.0°	50.0'	55.3"	FECHA DE DISEÑO			
KILÓMETRO	0.714 km				DISTRITO	DULCE NOMBRE	LONGITUD OESTE	83.0°	54.0'	21.7"	FECHA DE CONSTRUCCIÓN			
DETALLE DE SUPERESTRUCTURA														
No. DE SUPERESTRUCTURA	No. DE TRAMOS	ALINEACIÓN DE PLANTA	VIGAS PRINCIPALES DE SUPERESTRUCTURA											
			MATERIAL	SUPERESTRUCTURA	TIPO	LONGITUD TOTAL	TRAMO MÁXIMO	N° VIGAS	ALTURA					
1	1	RECTA	CONCRETO REFORZADO	MARCO RIGIDO	OTROS	6.0 m	6.0 m	5	0.42 m					
No. DE SUPERESTRUCTURA	TIPO JUNTAS DE EXPANSIÓN		LOSA		CARACTERÍSTICAS DE PINTURA									
	UBICACIÓN INICIAL	UBICACIÓN FINAL	MATERIALES	ESPESOR	TIPO DE PINTURA	ÁREA PINTADA	ÚLTIMA PINTURA			EMPRESA ENCARGADA				
1	NO TIENE	NO TIENE	CONCRETO	0.2 m		0.0 m2	DÍA	MES	AÑO					
							0	0	0					

INVENTARIO DE PUENTE																
NOMBRE DEL PUENTE		RIO TOYOGRES(MCAR034)				LOCALIZACIÓN	PROVINCIA	CARTAGO	ENCARGADO	MUNICIPALIDAD DEL CANTÓN				DÍA	MES	AÑO
RUTA N°		30114 400	RUTA	CANTONAL			CANTÓN	CARTAGO	LATITUD NORTE	9.0°	50.0'	55.3"	FECHA DE DISEÑO			
KILÓMETRO		0.714 km					DISTRITO	DULCE NOMBRE	LONGITUD OESTE	83.0°	54.0'	21.7"	FECHA DE CONSTRUCCIÓN			
DETALLE DE SUBESTRUCTURAS																
BASTIÓN - PILA						FUNDACIÓN					APOYO					
NOMBRE	MATERIALES	TIPO BASTION	ALTURA	TIPO PILA	DIMENSIONES		TIPO	DIMENSIONES		TIPO PILOTES	TIPO		ANCHO DE ASIENTO			
					ANCHO	LARGO		ANCHO	LARGO		INICIAL	FINAL				
B1	CONCRETO	OTROS	4.4 m		10.8 m	0.0 m	NO SE TIENE INFORMACIÓN	0.0 m	0.0 m		APOYO RÁGIDO		0.0 m			
B2	CONCRETO	OTROS	4.4 m		5.8 m	0.0 m	NO SE TIENE INFORMACIÓN	0.0 m	0.0 m			APOYO RÁGIDO	0.0 m			

INVENTARIO DE PUENTE

NOMBRE DEL PUENTE	RIO TOYOGRES(MCAR034)			LOCALIZACIÓN	PROVINCIA	CARTAGO	ENCARGADO	MUNICIPALIDAD DEL CANTÓN				DÍA	MES	AÑO
RUTA N°	30114 400	RUTA	CANTONAL		CANTÓN	CARTAGO	LATITUD NORTE	9.0°	50.0'	55.3"	FECHA DE DISEÑO			
KILÓMETRO	0.714 km				DISTRITO	DULCE NOMBRE	LONGITUD OESTE	83.0°	54.0'	21.7"	FECHA DE CONSTRUCCIÓN			

PLANOS



Notas

1. Sobrecapa de asfalto
2. Grietas 1 dirección acera
3. Faltante de baranda de aproximación
4. Descascaramiento en barandas
5. Obstrucción de drenajes

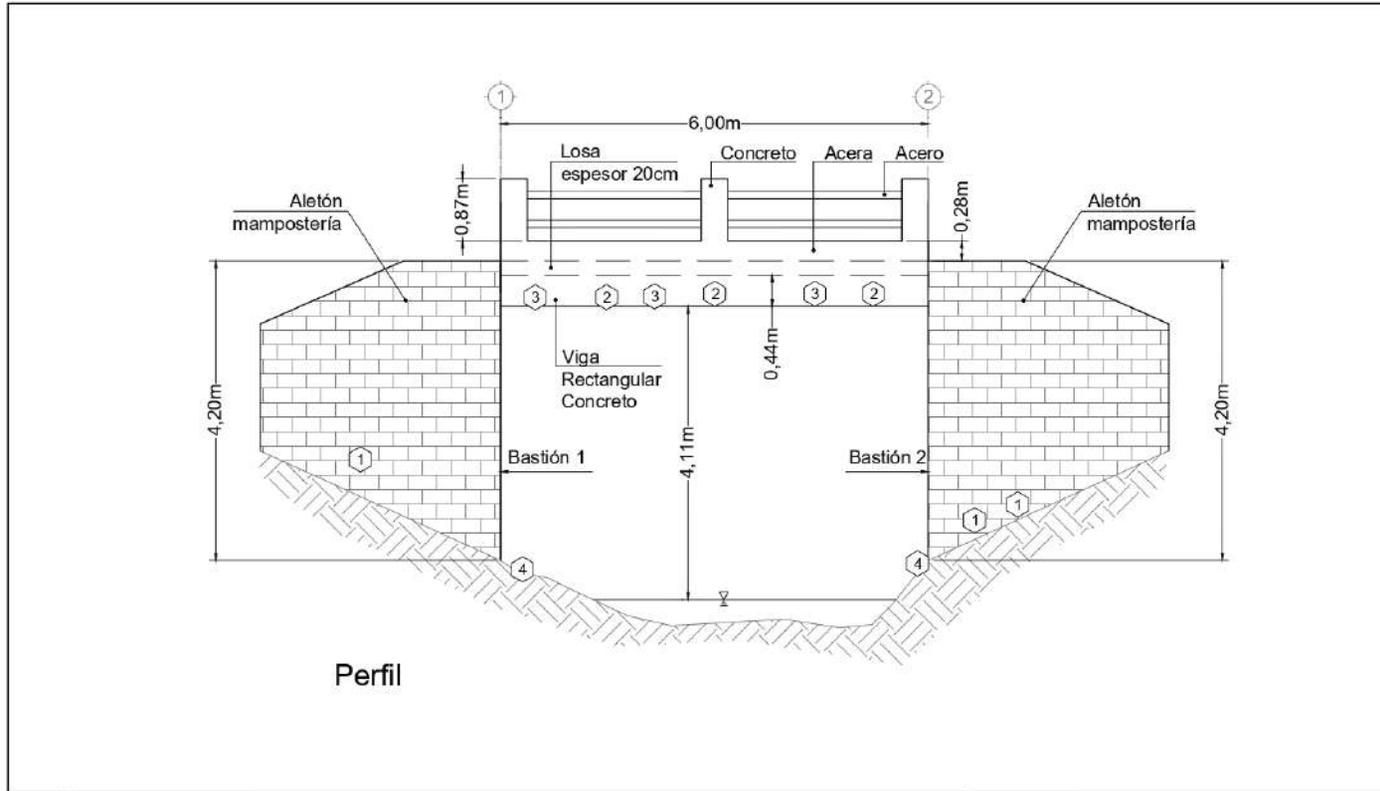
Puente	Río Toyogres.			
Ruta N°	30114400.			
Provincia	Cartago.			
Cantón	Cartago.			
Distrito	Dulce Nombre.			
Inspector	Dibujante	Año	Lámina	
Alejandro A.	Sebastián G.	2021	1 / 5	

LÁMINA 1: PLANTA

INVENTARIO DE PUENTE

NOMBRE DEL PUENTE	RIO TOYOGRES(MCAR034)			LOCALIZACIÓN	PROVINCIA	CARTAGO	ENCARGADO	MUNICIPALIDAD DEL CANTÓN				DÍA	MES	AÑO
RUTA N°	30114 400	RUTA	CANTONAL		CANTÓN	CARTAGO	LATITUD NORTE	9.0°	50.0'	55.3"	FECHA DE DISEÑO			
KILÓMETRO	0.714 km				DISTRITO	DULCE NOMBRE	LONGITUD OESTE	83.0°	54.0'	21.7"	FECHA DE CONSTRUCCIÓN			

PLANOS



Perfil

Notas

1. Pérdida de mortero de pega en bloques
2. Descascaramiento concreto en viga
3. Acero expuesto y corroído Grado 3
4. Socavación a nivel de fundación

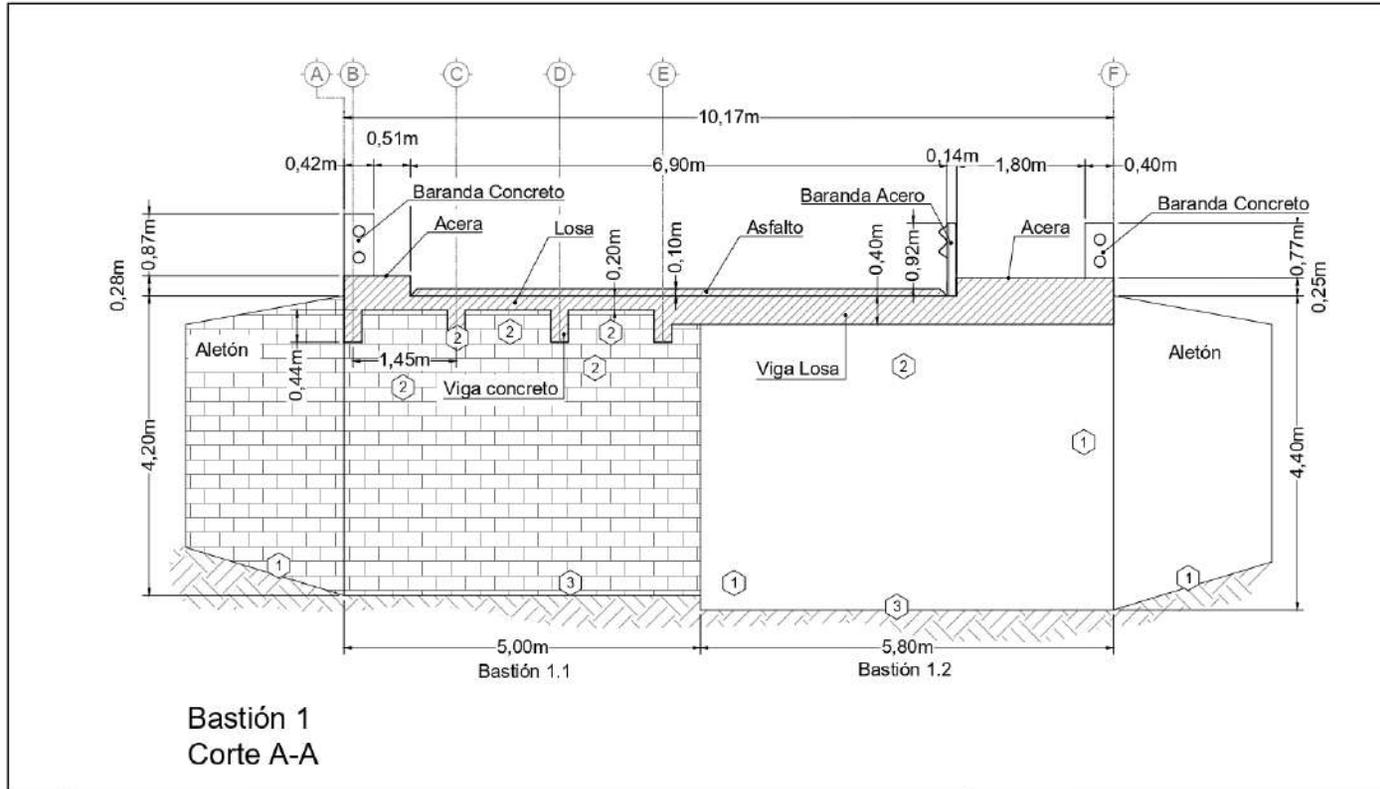


Puente	Río Toyogres.			
Ruta N°	30114400.			
Provincia	Cartago.			
Cantón	Cartago.			
Distrito	Dulce Nombre.			
Inspector	Dibujante	Año	Lámina	
Alejandro A.	Sebastián G.	2021	2 / 5	

INVENTARIO DE PUENTE			
NOMBRE DEL PUENTE	RIO TOYOGRES(MCAR034)		
RUTA N°	30114 400	RUTA	CANTONAL
KILÓMETRO	0.714 km		

LOCALIZACIÓN	PROVINCIA	CARTAGO	ENCARGADO	MUNICIPALIDAD DEL CANTÓN				DÍA	MES	AÑO
	CANTÓN	CARTAGO	LATITUD NORTE	9.0°	50.0'	55.3"	FECHA DE DISEÑO			
	DISTRITO	DULCE NOMBRE	LONGITUD OESTE	83.0°	54.0'	21.7"	FECHA DE CONSTRUCCIÓN			

PLANOS



Bastión 1
Corte A-A

Notas

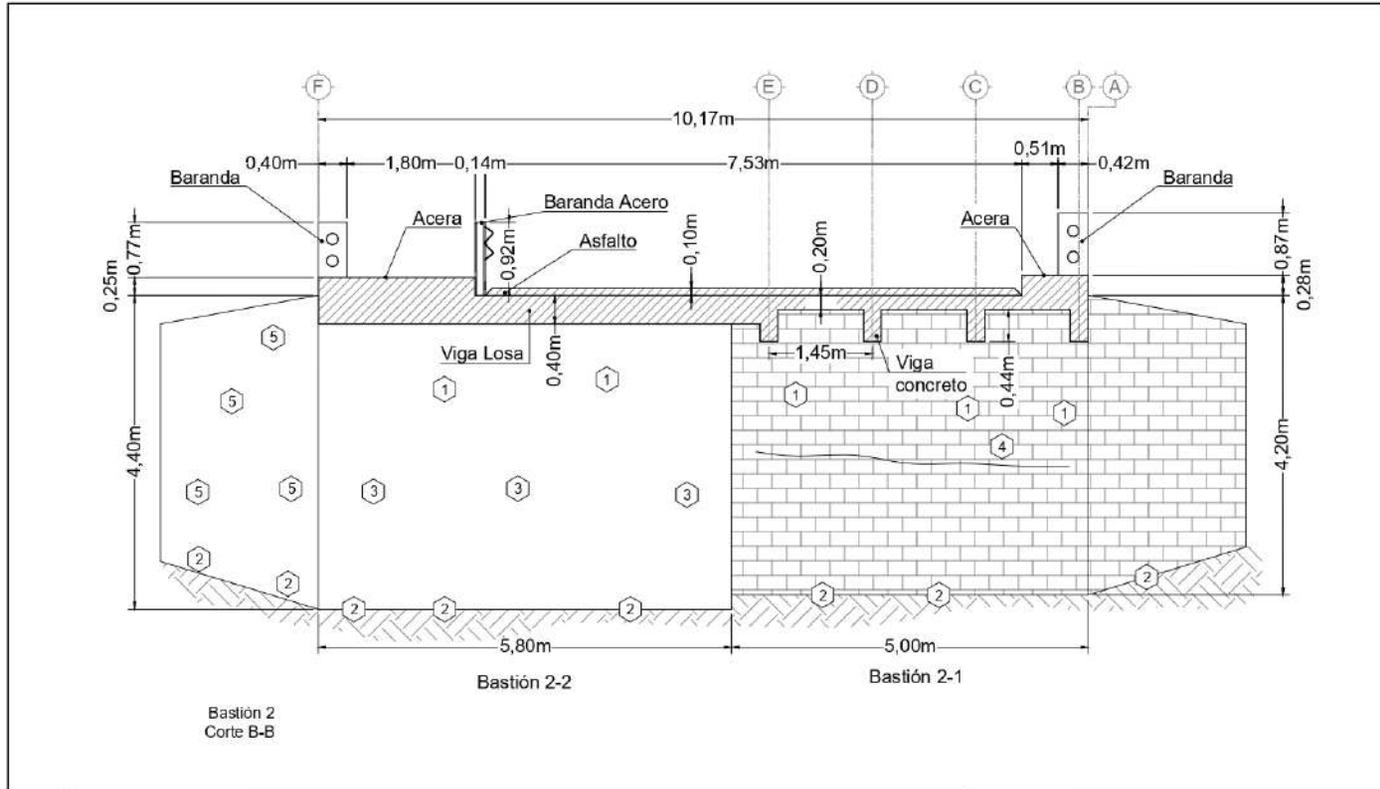
1. Agrietamiento horizontal Gr 3, 1 dirección.
2. Eflorescencia Gr 2
3. Socavación Gr 5



Puente	Río Toyogres.			
Ruta N°	30114400.			
Provincia	Cartago.			
Cantón	Cartago.			
Distrito	Dulce Nombre.			
Inspector	Dibujante	Año	Lámina	
Alejandro A.	Sebastián G.	2021	3	5

INVENTARIO DE PUENTE				LOCALIZACIÓN	PROVINCIA	CARTAGO	ENCARGADO	MUNICIPALIDAD DEL CANTÓN				DÍA	MES	AÑO
NOMBRE DEL PUENTE	RIO TOYOGRES(MCAR034)				CANTÓN	CARTAGO	LATITUD NORTE	9.0°	50.0'	55.3"	FECHA DE DISEÑO			
RUTA N°	30114 400	RUTA	CANTONAL		DISTRITO	DULCE NOMBRE	LONGITUD OESTE	83.0°	54.0'	21.7"	FECHA DE CONSTRUCCIÓN			
KILÓMETRO	0.714 km													

PLANOS



Notas

1. Eflorescencias Gr 2
2. Socavación por debajo de fundación
3. Desgaste superficial en B2, desprendimiento concreto
4. Agrietamiento en B1 en ziza Gr 3
5. Nidos de piedra en varios lugares



Puente	Río Toyogres.		
Ruta N°	30114400.		
Provincia	Cartago.		
Cantón	Cartago.		
Distrito	Dulce Nombre.		
Inspector	Dibujante	Año	Lámina
Alejandro A.	Sebastián G.	2021	4/5

INVENTARIO DE PUENTE

NOMBRE DEL PUENTE	RIO TOYOGRES(MCAR034)			LOCALIZACIÓN	PROVINCIA	CARTAGO	ENCARGADO	MUNICIPALIDAD DEL CANTÓN				DÍA	MES	AÑO
RUTA N°	30114 400	RUTA	CANTONAL		CANTÓN	CARTAGO	LATITUD NORTE	9.0°	50.0'	55.3"	FECHA DE DISEÑO			
KILÓMETRO	0.714 km				DISTRITO	DULCE NOMBRE	LONGITUD OESTE	83.0°	54.0'	21.7"	FECHA DE CONSTRUCCIÓN			

PLANOS

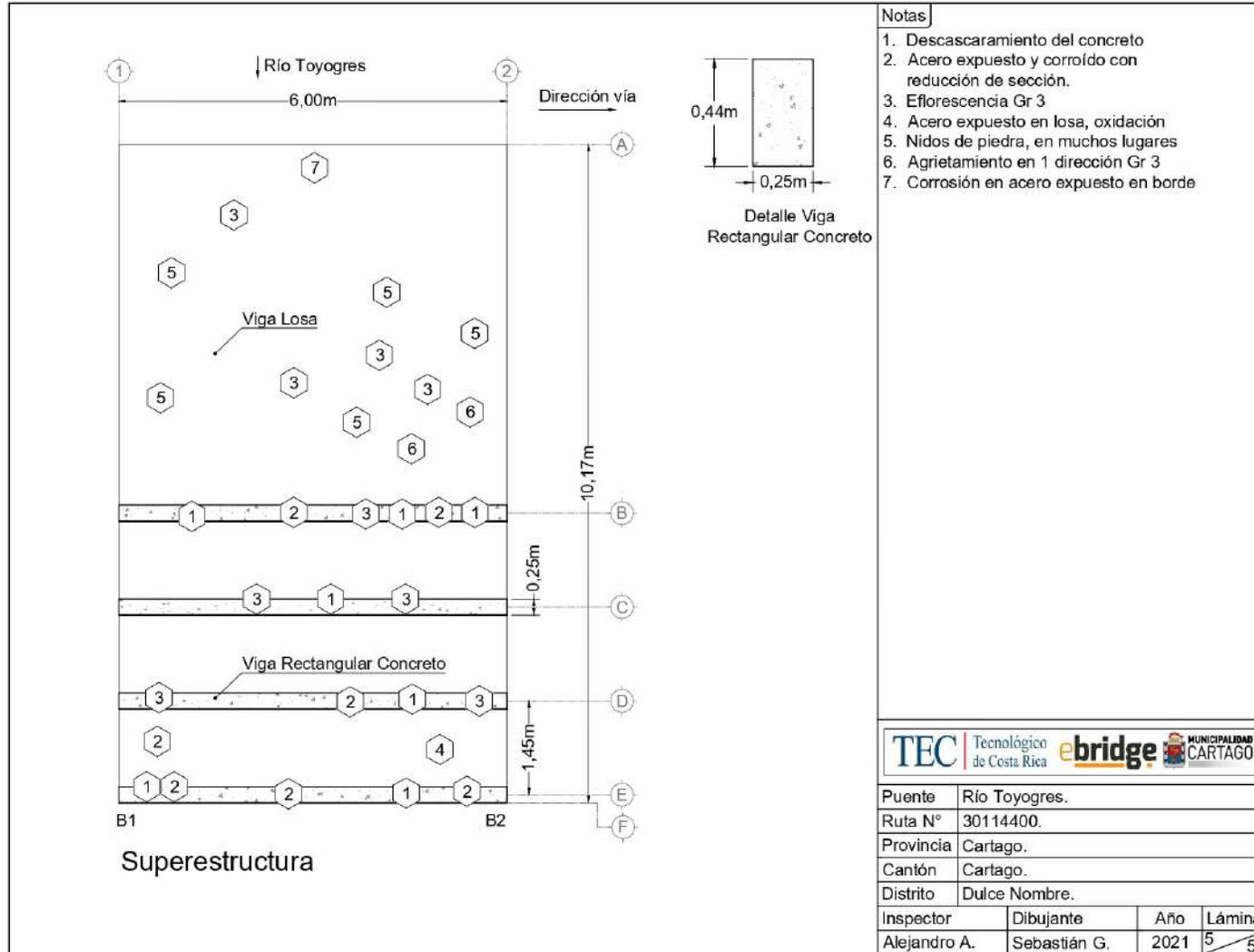


LÁMINA 5: SUPERESTRUCTURA

INVENTARIO DE PUENTE

NOMBRE DEL PUENTE		RIO TOYOGRES(MCAR034)		LOCALIZACIÓN	PROVINCIA	CARTAGO	ENCARGADO	MUNICIPALIDAD DEL CANTÓN			DÍA	MES	AÑO	
RUTA N°	30114 400	RUTA	CANTONAL		CANTÓN	CARTAGO	LATITUD NORTE	9.0°	50.0'	55.3"	FECHA DE DISEÑO			
KILÓMETRO	0.714 km				DISTRITO	DULCE NOMBRE	LONGITUD OESTE	83.0°	54.0'	21.7"	FECHA DE CONSTRUCCIÓN			

FOTOGRAFÍAS

No.	1	UBICACIÓN	VISTA A LO LARGO DE LÍNEA CENTRO	No.	2	UBICACIÓN	VISTA GENERAL	No.	3	UBICACIÓN	VISTA LATERAL
------------	----------	------------------	----------------------------------	------------	----------	------------------	---------------	------------	----------	------------------	---------------



NOTA		DÍA	MES	AÑO	NOTA		DÍA	MES	AÑO	NOTA		DÍA	MES	AÑO
		25	10	2021			25	10	2021			25	10	2021

No.	4	UBICACIÓN	VISTA DEL CAUCE DESDE EL PUENTE	No.	5	UBICACIÓN	VISTA INFERIOR	No.	6	UBICACIÓN	B1
------------	----------	------------------	---------------------------------	------------	----------	------------------	----------------	------------	----------	------------------	----



NOTA		DÍA	MES	AÑO	NOTA		DÍA	MES	AÑO	NOTA		DÍA	MES	AÑO
		25	10	2021			25	10	2021			25	10	2021

INVENTARIO DE PUENTE										LOCALIZACIÓN											
NOMBRE DEL PUENTE		RIO TOYOGRES(MCAR034)								PROVINCIA	CARTAGO	ENCARGADO	MUNICIPALIDAD DEL CANTÓN			DÍA	MES	AÑO			
RUTA N°		30114 400	RUTA		CANTONAL			CANTÓN	CARTAGO	LATITUD NORTE	9.0°	50.0'	55.3"	FECHA DE DISEÑO							
KILÓMETRO		0.714 km								DISTRITO	DULCE NOMBRE	LONGITUD OESTE	83.0°	54.0'	21.7"	FECHA DE CONSTRUCCIÓN					

FOTOGRAFÍAS

No.	7	UBICACIÓN	B2	No.	8	UBICACIÓN	RUTA ALTERNA		
									
NOTA		DÍA	MES	AÑO	NOTA		DÍA	MES	AÑO
		25	10	2021			25	10	2021

INSPECCIÓN DE PUENTE				NÚMERO DE SUPERESTRUCTURA				1			Página 1 de 5					
NOMBRE DEL PUENTE		RIO TOYOGRES(MCAR034)		LOCALIZACIÓN	PROVINCIA	CARTAGO		ENCARGADO		MUNICIPALIDAD DEL CANTÓN			DÍA	MES	AÑO	
RUTA N°	3011 4400	RUTA	CANTONAL		CANTÓN	CARTAGO		LATITUD NORTE		9.0°	50.0'	55.3"	FECHA DE DISEÑO			
KILÓMETRO	0.714 km				DISTRITO	DULCE NOMBRE		LONGITUD OESTE		83.0°	54.0'	21.7"	FECHA DE CONSTRUCCIÓN			
TIPO DE DAÑO Y EVALUACIÓN DEL GRADO DE DAÑO																
1. PAVIMENTO	ITEM	1. ONDULACIÓN	2.ZURCOS	3.AGRIETAMIENTO	4.BACHES	5.SOBRECAPAS DE ASFALTO										
	EVALUACIÓN	1	1	1	1	5										
2. BARANDA (ACERO)	ITEM	1.DEFORMACIÓN	2.OXIDACIÓN	3.CORROSIÓN	4.FALTANTE											
	EVALUACIÓN	1	1	1	1											
3. BARANDA (CONCRETO)	ITEM	1.AGRIETAMIENTO	2.ACERO DE REFUERZO EXPUESTO	3.FALTANTE												
	EVALUACIÓN	0	0	0												
4. JUNTA DE EXPANSIÓN	ITEM	1.SONIDOS EXTRAÑOS	2.FILTRACIÓN DE AGUAS	3.FALTANTE O DEFORMACIÓN	4.MOVIMIENTO VERTICAL	5.JUNTAS	6.ACERO DE									
	EVALUACIÓN	0	0	0	0	0	0									
5. LOSA	ITEM	1.GRIETAS EN UNA DIRECCIÓN	2.GRIETAS EN DOS DIRECCIONES	3.DESCASCARAMIENTO	4.ACERO DE REFUERZO	5.NIDOS DE PIEDRA	6.EFLORENCIA	7.AGUJEROS								
	EVALUACIÓN	3	3	3	5	2	2	1								
6. VIGA PRINCIPAL DE ACERO	ITEM	1.OXIDACIÓN	2.CORROSIÓN	3.DEFORMACIÓN	4.PÉRDIDA DE PERNOS	5.GRIETAS EN SOLDADURA O PLACA										
	EVALUACIÓN	0	0	0	0	0										
7. SISTEMA DE ARRIOSTRAMIENTO	ITEM	1.OXIDACIÓN	2.CORROSIÓN	3.DEFORMACIÓN	4.ROTURA DE UNIONES	5.ROTURA DE ELEMENTOS										
	EVALUACIÓN	0	0	0	0	0										
8. PINTURA	ITEM	1.DECOLORACIÓN	2.AMPOLLAS	3.DESCASCARAMIENTO												
	EVALUACIÓN	0	0	0												
9. VIGA PRINCIPAL DE CONCRETO	ITEM	1.GRIETAS EN UNA DIRECCIÓN	2.GRIETAS EN DOS DIRECCIONES	3.DESCASCARAMIENTO	4.ACERO DE REFUERZO	5.NIDOS DE PIEDRA	6.EFLORENCIA									
	EVALUACIÓN	3	1	3	5	3	2									
10. VIGA DIAFRAGMA CONCRETO	ITEM	1.GRIETAS EN UNA DIRECCIÓN	2.GRIETAS EN DOS DIRECCIONES	3.DESCASCARAMIENTO	4.ACERO DE REFUERZO	5.NIDOS DE PIEDRA	6.EFLORENCIA									
	EVALUACIÓN	1	1	1	1	1	2									
11. APOYOS	ITEM	1.ROTURA DE APOYOS	2.DEFORMACIÓN EXTRAÑA	3.INCLINACIÓN	4.DESPLAZAMIENTO											
	EVALUACIÓN	0	0	0	0											
12. PARED CABEZAL Y ALETONES (BASTIONES)	ITEM	1.GRIETAS EN UNA DIRECCIÓN	2.GRIETAS EN DOS DIRECCIONES	3.DESCASCARAMIENTO	4.ACERO DE REFUERZO	5.NIDOS DE PIEDRA	6.EFLORENCIA	7. PROTECCIÓN DE TERRAPLÉN								
	EVALUACIÓN	3	1	2	1	3	2	3								
13. CUERPO PRINCIPAL (BASTION)	ITEM	1.GRIETAS EN UNA DIRECCIÓN	2.GRIETAS EN DOS DIRECCIONES	3.DESCASCARAMIENTO	4.ACERO DE REFUERZO	5.NIDOS DE PIEDRA	6.EFLORENCIA	7.PENDIENTE EN TALUDES	8.INCLINACIÓN	9.SOCAVACIÓN						
	EVALUACIÓN	3	1	3	1	1	2	1	1	5						
14. MARTILLO (PILA)	ITEM	1.GRIETAS EN UNA DIRECCIÓN	2.GRIETAS EN DOS DIRECCIONES	3.DESCASCARAMIENTO	4.ACERO DE REFUERZO	5.NIDOS DE PIEDRA	6.EFLORENCIA									
	EVALUACIÓN	0	0	0	0	0	0									
15. CUERPO PRINCIPAL (PILA)	ITEM	1.GRIETAS EN UNA DIRECCIÓN	2.GRIETAS EN DOS DIRECCIONES	3.DESCASCARAMIENTO	4.ACERO DE REFUERZO	5.NIDOS DE PIEDRA	6.EFLORENCIA	7.INCLINACIÓN	8.SOCAVACIÓN							
	EVALUACIÓN	0	0	0	0	0	0	0	0							
EVALUACIÓN	GRADO DEL DAÑO		SOCAVACIÓN													
1	Ningún daño visible		No se observa socavación													
2	En pocos lugares		No aplica													
3	En muchos lugares		Se observa socavación pero no se extiende a la fundación													
4	En menos de la mitad		No aplica													
5	En la mayoría de las partes		La fundación aparece por la socavación													
FECHA INSPECCIÓN		NOMBRE INSPECTOR			FIRMA											
25	10	2021	ALEJANDRO ALFARO ACUÑA													

INSPECCIÓN DE PUENTE				NÚMERO DE SUPERESTRUCTURA					1					
NOMBRE DEL PUENTE	RIO TOYOGRES(MCAR034)			LOCALIZACIÓN	PROVINCIA	CARTAGO	ENCARGADO	MUNICIPALIDAD DEL CANTÓN				DÍA	MES	AÑO
RUTA N°	3011 4400	RUTA	CANTONAL		CANTÓN	CARTAGO	LATITUD NORTE	9.0°	50.0'	55.3"	FECHA DE DISEÑO			
KILÓMETRO	0.714 km				DISTRITO	DULCE NOMBRE	LONGITUD OESTE	83.0°	54.0'	21.7"	FECHA DE CONSTRUCCIÓN			
OBSERVACIONES														

1. SUPERFICIE DE RODAMIENTO:

-MÁS DE UNA SOBRE CAPA DE ASFALTO, EL ESPESOR MEDIDO EN CAMPO ES DE 100MM APROXIMADAMENTE

2. BARANDA DE ACERO:

SE OBSERVA EN BUENAS CONDICIONES LAS VIGAS DE ACERO, E LAS COLUMNAS SE OBSERVA AGRIETAMIENTO DEL CONCRETO EN VARIOS LUGARES.
-NO EXISTEN BARANDAS DE APROXIMACIÓN EN LOS ACCESOS DE ESTE PUENTE

3. JUNTAS DE EXPANSIÓN:

-ESTA ESTRUCTURA NO CUENTA CON JUNTAS DE EXPANSIÓN.

4. LOSA:

-SE EVALÚA LA LOSA OBSERVADA ENTRE LAS VIGAS PRINCIPALES DE LA SUPERESTRUCTURA UBICADA AGUAS ABAJO.
-ESPESOR DE GRIETA EN UNA DIRECCIÓN > 0,2 MM EN INTERVALOS > 1,0 M.
-ESPESOR DE GRIETA EN DOS DIRECCIONES MENOR A 0,2 MM EN INTERVALOS MAYORES A 0,5 M.
-HA CRECIDO EL DESCASCARAMIENTO EN ALGUNAS PARTES DONDE SE EXPONE ACERO DE REFUERZO,
-REFUERZO EXPUESTO Y CON REDUCCIÓN DE LA SECCIÓN EN LA LOSA
-PEQUEÑAS MANCHAS BLANCAS EN ALGUNOS PUNTOS
-NIDOS DE PIEDRA EN ALGUNOS SITIOS.

5. VIGA PRINCIPAL DE CONCRETO:

-SE AVALÚAN COMO LAS VIGAS PRINCIPALES A LAS VIGAS DE LA ESTRUCTURA UBICADA AGUAS ABAJO Y LA VIGA LOSA DE LA ESTRUCTURA AGUASA ARRIBA.
-ESPESOR DE GRIETA EN UNA DIRECCIÓN > 0,2 MM EN INTERVALOS > 1,0 M, OBSERVADO EN LA VIGA LOSA
-HA CRECIDO EL DESCASCARAMIENTO EN ALGUNAS PARTES QUE EXPONE ACERO DE REFUERZO EN VIGAS PRINCIPALES Y EN BORDE DE VIGA LOSA, TANTO AGUAS ARRIBA COMO AGUAS ABAJO.
-REFUERZO EXPUESTO Y CON REDUCCIÓN DE LA SECCIÓN E VIGA LOSA, Y ACERO DE REFUERZO EXPUESTO EN VIGAS PRINCIPALES, ACERO LONGITUDINAL Y AROS DE CONFINAMIENTO DE LAS VIGAS.
-MÁS DE DIEZ NIDOS DE PIEDRA EN VIGA LOSA
-PEQUEÑAS MANCHAS BLANCAS EN ALGUNOS SITIOS

6. VIGA DIAFRAGMA CONCRETO

-SE EVALÚA COMO VIGAS DIAFRAGMA LAS VIGAS SECUNDARIAS UBICADAS SORE LOS BASTIONES ENTRE VIGAS PRINCIPALES.
-PEQUEÑAS MANCHAS BLANCAS

7. APOYOS

-ESTE PUENTE NO CUENTA CON APOYOS, YA QUE LA VIGA LOSA ESTÁ COLADA DE MANERA MONOLÍTICA CON LOS BASTIONES, Y LAS VIGAS DE CONCRETO DE LA ESTRUCTURA AGUAS ABAJO SE APOYAN DIRECTAMENTE SOBRE LOS BASTIONES

8. CUERPO PRINCIPAL DE BASTIÓN:

-ESPESOR DE GRIETA EN UNA DIRECCIÓN > 0,2 MM EN INTERVALOS > 1,0 M, OBSERVADA UNA GRIETA A NIVEL DE APOYOS DE LAS VIGAS, ESTA GRIETA SE EXTIENDE HASTA EL ALETÓN
-HA CRECIDO EL DESCASCARAMIENTO EN ALGUNAS PARTES DONDE SE OBSERVA DESGASTE SUPERFICIAL POR ABRASIÓN EN LOS BASTIONES DE CONCRETO
-PEQUEÑAS MANCHAS BLANCAS EN ALGUNOS SITIOS
APARECE SOCAVACIÓN POR LA FUNDACIÓN, INCLUSIVE POR DEBAJO DE LAS FUNDACIONES DE LOS BASTIONES Y ALETONES

9. VIGA CABEZAL Y ALETONES:

-ESPESOR DE GRIETA EN UNA DIRECCIÓN > 0,2 MM EN INTERVALOS > 1,0 M.
-PRINCIPIO DEL DESCASCARAMIENTO EN ALGUNAS PARTES A NIVEL DE FUNDACIÓN
-MÁS DE DIEZ NIDOS DE PIEDRA.
-PEQUEÑAS MANCHAS BLANCAS EN ALGUNOS SITIOS
-EL TALUD DE RELLENO DE APROXIMACIÓN COLAPSÓ LIGERAMENTE, SE OBSERVA PÉRDIDA DEL RELLENO DETRÁS DEL ALETÓN DEL BASTIÓN DE MARGEN IZQUIERDA UBICADO AGUAS ARRIBA, YA QUE EL CAUDAL DEL RÍO IMPACTA DIRECTAMENTE.

INSPECCIÓN DE PUENTE				NÚMERO DE SUPERESTRUCTURA				1												
NOMBRE DEL PUENTE		RIO TOYOGRES(MCAR034)				PROVINCIA		CARTAGO		ENCARGADO		MUNICIPALIDAD DEL CANTÓN			DÍA	MES	AÑO			
RUTA N°		3011	4400	RUTA		CANTONAL		CANTÓN		CARTAGO		LATITUD NORTE		9.0°	50.0'	55.3"	FECHA DE DISEÑO			
KILÓMETRO		0.714 km				DISTRITO		DULCE NOMBRE		LONGITUD OESTE		83.0°	54.0'	21.7"	FECHA DE CONSTRUCCIÓN					

FOTOGRAFÍAS

No.	1	UBICACIÓN	ACERO DE REFUERZO EN BORDE DE LOSA				No.	2	UBICACIÓN	ACERO EXPUESTO EN LOSA 1				No.	3	UBICACIÓN	ACERO EXPUESTO EN VIGA LOSA			
-----	---	-----------	------------------------------------	--	--	--	-----	---	-----------	--------------------------	--	--	--	-----	---	-----------	-----------------------------	--	--	--



NOTA						DÍA	MES	AÑO	NOTA						DÍA	MES	AÑO	NOTA					
						27	10	2021							27	10	2021						

No.	4	UBICACIÓN	VIGA DE BORDE				No.	5	UBICACIÓN	VIGA				No.	6	UBICACIÓN	VIGA LOSA			
-----	---	-----------	---------------	--	--	--	-----	---	-----------	------	--	--	--	-----	---	-----------	-----------	--	--	--



NOTA		ACERO EXPUESTO VIGA				DÍA	MES	AÑO	NOTA		AROS EXPUESTOS				DÍA	MES	AÑO	NOTA		DESCASCARAMIENTO DEL CONCRETO			
						27	10	2021							27	10	2021						

INSPECCIÓN DE PUENTE				NÚMERO DE SUPERESTRUCTURA				1									
NOMBRE DEL PUENTE		RIO TOYOGRES(MCAR034)				LOCALIZACIÓN		PROVINCIA	CARTAGO		ENCARGADO	MUNICIPALIDAD DEL CANTÓN			DÍA	MES	AÑO
RUTA N°		3011 4400	RUTA		CANTONAL	LOCALIZACIÓN		CANTÓN	CARTAGO		LATITUD NORTE	9.0°	50.0'	55.3"	FECHA DE DISEÑO		
KILÓMETRO		0.714 km				LOCALIZACIÓN		DISTRITO	DULCE NOMBRE		LONGITUD OESTE	83.0°	54.0'	21.7"	FECHA DE CONSTRUCCIÓN		

FOTOGRAFÍAS

No.	7	UBICACIÓN	EXPOSICIÓN DE ACERO DE REFUERZO VIGA			No.	8	UBICACIÓN	ACCESOS			No.	9	UBICACIÓN	VIGA LOSA		
-----	---	-----------	--------------------------------------	--	--	-----	---	-----------	---------	--	--	-----	---	-----------	-----------	--	--



NOTA					DÍA	MES	AÑO	NOTA		FALTANTE DE BARANDAS DE APROXIMACI			DÍA	MES	AÑO	NOTA		GRIETAS E UNA DIRECCIÓN VIGA LOSA			DÍA	MES	AÑO
					27	10	2021						27	10	2021						0	0	0

No.	10	UBICACIÓN	ALETÓN DEL B2			No.	11	UBICACIÓN	BASTIONES			No.	12	UBICACIÓN	BASTIÓN		
-----	----	-----------	---------------	--	--	-----	----	-----------	-----------	--	--	-----	----	-----------	---------	--	--



NOTA		NIDOS DE PIEDRA EN ALETÓN B22			DÍA	MES	AÑO	NOTA		SOCAVACIÓN EN LOS DOS BASTIONES			DÍA	MES	AÑO	NOTA		SOCAVACIÓN IMPORTANTE EN B2			DÍA	MES	AÑO
					0	0	0						27	10	2021						27	10	2021

INSPECCIÓN DE PUENTE				NÚMERO DE SUPERESTRUCTURA				1						
NOMBRE DEL PUENTE		RIO TOYOGRES(MCAR034)		LOCALIZACIÓN	PROVINCIA	CARTAGO	ENCARGADO	MUNICIPALIDAD DEL CANTÓN			DÍA	MES	AÑO	
RUTA N°	3011 4400	RUTA	CANTONAL		CANTÓN	CARTAGO	LATITUD NORTE	9.0°	50.0'	55.3"	FECHA DE DISEÑO			
KILÓMETRO	0.714 km				DISTRITO	DULCE NOMBRE	LONGITUD OESTE	83.0°	54.0'	21.7"	FECHA DE CONSTRUCCIÓN			

FOTOGRAFÍAS

No.	13	UBICACIÓN	BASTIÓN
-----	----	-----------	---------



NOTA	SOCAVACIÓ A IVEL DE FUNDACIÓN	DÍA	MES	AÑO
		27	10	2021

Formulario de Inspección de Puentes - Evaluación de la Seguridad Vial

Instrucción: Marque con si el ítem cumple, y si el ítem no aplica o no se pudo revisar.

Código de puente MCAR034

Inspector ALEJANDRO ALFARO

Nombre de puente RIO TOYOGRES (Dulce Nombre)

Fecha 25 / 10 / 2021

Información sobre seguridad vial a recopilar de los accesos y el puente

Horario de la evaluación:

Diurna Nocturna Diurna y nocturna

Superficie de rodamiento del puente (calzada)

Tipo de calzada:

Asfalto Concreto Madera Otro: _____

Estado de la superficie:

Inclinada Resbalosa Deformada
 Buen estado Baches Otro: _____

Señalización horizontal en el puente (diurna y nocturna)

¿Hay línea de centro?

Sí No NA

Condición de la línea de centro:

Excelente Regular Deficiente NA

¿Hay línea de borde de carril?

Sí No

Condición de la línea de borde de carril:

Excelente Regular Deficiente NA

¿Hay captaluces?

Sí No

Condición de los captaluces:

Excelente Regular Deficiente NA

Iluminación (nocturna)

¿Hay iluminación en el puente?

Sí No

Condición general de la iluminación:

Excelente Regular Deficiente NA

Formulario de Inspección de Puentes - Evaluación de la Seguridad Vial

Sistema de Contención Vehicular (SCV) en el puente

¿Hay sistema de contención vehicular?

Altura del sistema desde la superficie de rodamiento

Sí No

87 y 92 (cm)

Estado general del sistema (visualmente):

Excelente Regular Deficiente NA

¿Cuál es la altura del bordillo?

menor a 10 cm mayor a 10 cm No hay bordillo

¿Existe continuidad con los sistemas de contención de los accesos A y B?

¿Existe un terminal adecuado del sistema?

Sí No Sí No

Espaciamiento entre los postes (si el sistema es flexible): _____ (en metros)

NA

Peatones y ciclistas

Flujo de peatones:

Bajo Medio Alto NA

¿Existe acera peatonal en el puente?

Condición general de la acera peatonal:

Sí No Adecuada Inadecuada NA

Ancho de la acera peatonal: 1,80 m NA

Flujo de ciclistas:

Bajo Medio Alto NA

¿Existe ciclovía en el puente?

Condición general de la ciclovía:

Sí No Adecuada Inadecuada NA

Ancho de la ciclovía: _____ NA

Formulario de Inspección de Puentes - Evaluación de la Seguridad Vial

Otros

Drenajes:

Inexistentes Buen estado en general Inadecuados Obstruidos / agua empozada

¿Hay publicidad comercial en el puente o en sus accesos?

Sí No

¿Hay paradas de autobús en las cercanías al puente?

Sí No

Observaciones:

Sin observaciones

ACCESO A (Junta 1) Y B (Junta 2)

Distancia de visibilidad del acceso desde la cual se observa el inicio del puente:

A < 50 m 50-100 m 100-200 m

200-300 m 300-400 m > 400 m

B < 50 m 50-100 m 100-200 m

200-300 m 300-400 m > 400 m

¿Condición de la visibilidad? (diurna y nocturna)

A Excelente Regular Deficiente

B Excelente Regular Deficiente

Formulario de Inspección de Puentes - Evaluación de la Seguridad Vial

ACCESO A (Junta 1) Y B (Junta 2)

¿Existe medianera?

A Sí No Ancho de la medianera: _____ NA

B Sí No Ancho de la medianera: _____ NA

Señalización horizontal (diurna y nocturna)

¿Hay línea de centro?

Condición de la línea de centro:

A Sí No NA Excelente Regular Deficiente NA

B Sí No NA Excelente Regular Deficiente NA

¿Hay línea de borde de carril?

Condición de la línea de borde de carril:

A Sí No Excelente Regular Deficiente NA

B Sí No Excelente Regular Deficiente NA

¿Hay captaluces?

Condición de los captaluces:

A Sí No Excelente Regular Deficiente NA

B Sí No Excelente Regular Deficiente NA

Sistema de contención vehicular

¿Hay sistema de contención vehicular?

A Sí No

B Sí No

Formulario de Inspección de Puentes - Evaluación de la Seguridad Vial

ACCESO A (Junta 1) Y B (Junta 2)

Tipo de sistema:

A Flexible Rígido Otro: _____ NA

B Flexible Rígido Otro: _____ NA

Estado del sistema

A Excelente Regular Deficiente

B Excelente Regular Deficiente

Alineamiento y geometría de la vía

Alineamiento/curvatura horizontal:

A Suave Moderada Abrupta

B Suave Moderada Abrupta

Alineamiento/curvatura vertical:

A Suave Moderada Abrupta

B Suave Moderada Abrupta

Otro:

¿Existe una diferencia entre la calzada del acceso y la calzada del puente generando un ingreso abrupto al puente?

A Sí No

B Sí No

¿Existe vegetación que dificulta la visibilidad?

A Sí No

B Sí No

Formulario de Inspección de Puentes - Evaluación de la Seguridad Vial

ACCESO A (Junta 1) Y B (Junta 2)

¿Existe alguno de estos obstáculos?

A No Poste Alcantarilla Otro: _____

B No Poste Alcantarilla Otro: _____

RESUMEN EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD VIAL

Ítem	Existencia		Estado		
	Excelente	Regular	Deficiente		
Señalización vertical	<input type="checkbox"/> Sí	<input checked="" type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Señalización horizontal	<input checked="" type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Guardavías	<input type="checkbox"/> Sí	<input checked="" type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Iluminación	<input type="checkbox"/> Sí	<input checked="" type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Aceras	<input checked="" type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> No	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Paso peatonal	<input type="checkbox"/> Sí	<input checked="" type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Barandas	<input checked="" type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> No	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Recordatorio: Describir adicionalmente aspectos que considere importantes en este tema

Observaciones:

Sin observaciones

Formularios de Inspección de Puentes - Variables Ambientales

Instrucción: Marque con si el ítem cumple, y si el ítem no aplica o no se pudo revisar.

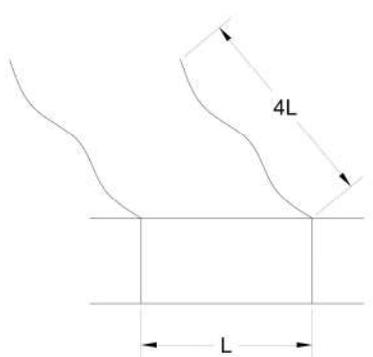
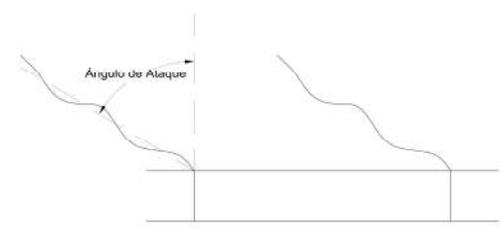
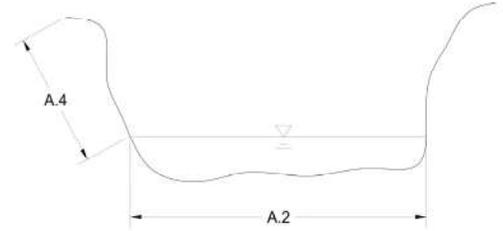
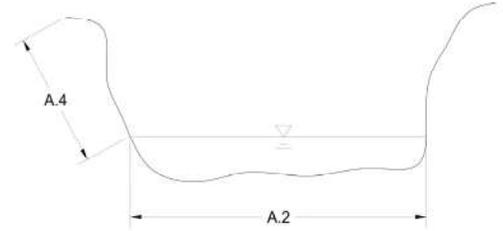
Código de puente MCAR034

Inspector Alejandro Alfaro acuña

Nombre de puente Rio Toyogres

Fecha 25 / 10 / 2021

INFORMACION AMBIENTAL – CARACTERISTICAS DEL CAUCE

Variable a medir	Dato medido	Observaciones
Ancho del cauce aguas arriba (A.1)	B= <u>12</u> m.	
Ancho del cauce aguas abajo (A.1)	B= <u>14</u> m.	
Caracterización del cauce(A.2)	<input checked="" type="checkbox"/> Rocas <input checked="" type="checkbox"/> Vegetación <input checked="" type="checkbox"/> Estructuras existentes <input type="checkbox"/> Otros	
Ángulo de ataque (A.3)	Ángulo = <u>40</u> °	
Caracterización de los márgenes del cauce(A.4)	<input checked="" type="checkbox"/> Rocas <input checked="" type="checkbox"/> Vegetación <input type="checkbox"/> Estructuras existentes <input checked="" type="checkbox"/> Otros	
Contaminación	<input checked="" type="checkbox"/> Presencia de basura <input type="checkbox"/> Tubería de descarga <input type="checkbox"/> Otros	
Intervención del cauce	<input type="checkbox"/> Dragados <input type="checkbox"/> Diques <input type="checkbox"/> Tuberías	
Marcas de agua de inundaciones sobre la estructura	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Altura = <u>2.50</u> m.	

A.1 medida a una distancia entre L hasta 4L donde L es la longitud del puente

A.3 el menor ángulo de incidencia del agua con respecto a la dirección de los bastiones

A.2 caracterización del cauce
A.4 caracterización de los márgenes del cauce

Formularios de Inspección de Puentes - Variables Ambientales

Variable a medir	Dato medido	Observaciones
Márgenes del río	Desprendimiento de material <input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	
Caracterización de zona aledaña al puente (45m alrededor)	<input type="checkbox"/> Viviendas (Invasión) <input checked="" type="checkbox"/> Agrícola <input type="checkbox"/> Libre <input type="checkbox"/> Otros	

Sin observaciones

Consulta a vecinos sobre inundaciones u otros fenómenos naturales

Sin observaciones

Caracterización del tráfico.
Consulta a vecinos sobre el tipo de vehículos que transitan

Observaciones:

El agua del río impacta por detrás del aletón de margen izquierda ubicado aguas arriba del puente. Existe Potreros alrededor de este puente.