

Instituto Tecnológico de Costa Rica
Escuela de Ingeniería en Construcción

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

Proyecto final de graduación para optar por el grado de
Licenciatura en Ingeniería en Construcción

Pablo Gutiérrez Solís
Keilyn Salazar Brenes

Cartago, diciembre 2019.

CONSTANCIA DE DEFENSA PÚBLICA DE PROYECTO DE GRADUACIÓN

Proyecto de Graduación defendido públicamente ante el Tribunal Evaluador, integrado por los profesores Ing. Gustavo Rojas Moya, Arq. Carlos Ugalde Hernández, Ing. Milton Sandoval Quirós, Ing. Giannina Ortiz Quesada, como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería en Construcción, del Instituto Tecnológico de Costa Rica.



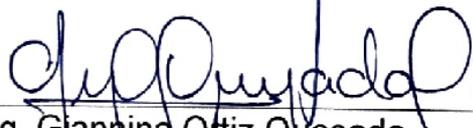
Ing. Gustavo Rojas Moya.
Director



Arq. Carlos Ugalde Hernández.
Profesor Guía



Ing. Milton Sandoval Quirós.
Profesor Lector



Ing. Giannina Ortiz Quesada.
Profesora Observadora

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

Abstract

The main objective of the work is to facilitate the UTGVM of El Guarco activities and unit costs of intervention of the Network of Bridges for the Plan de Conservación y Desarrollo Vial Cantonal 2021-2026. The current plan (2016-2021) does not cover the canton bridge network and this is the main reason for the project. The canton bridge network was characterized. Intervention actions were defined for the El Guarco bridges according to the typical damages present in the inventory, along with this, technical specifications applicable to the intervention actions were recommended. Finally, Unit costs were determined for intervention actions at the El Guarco bridges.

Keywords: Technical Unit of Municipal Road Management (UTGVM), intervention, maintenance, bridge, unit costs.

Resumen

El objetivo principal del trabajo es Facilitar a la UTGVM de El Guarco de actividades y costos unitarios de intervención de la Red de Puentes para el Plan de Conservación y Desarrollo Vial Cantonal 2021-2026. El plan actual (2016-2021) no contempla la red de puentes del cantón y este es el motivo principal del proyecto. Se caracterizaron la red de puentes del cantón. Se definieron acciones de intervención para los puentes de El Guarco según los daños típicos presentes en el inventario, junto a esto se recomendaron especificaciones técnicas aplicables para las acciones de intervención. Por último, se determinaron los costos unitarios para las acciones de intervención en los puentes de El Guarco.

Palabras clave: la Unidad Técnica de Gestión Vial Municipal (UTGVM), intervención, mantenimiento, puente, costos unitarios.

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

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

PABLO ANDRÉS GUTIÉRREZ SOLÍS
KEILYN GABRIELA SALAZAR BRENES

Proyecto final de graduación para optar por el grado de
Licenciatura en Ingeniería en Construcción

Noviembre del 2019

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN

Contenido

PREFACIO	1
RESUMEN EJECUTIVO	2
INTRODUCCIÓN	7
MARCO TEÓRICO	9
METODOLOGÍA	28
RESULTADOS	32
ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	67
CONCLUSIONES	75
RECOMENDACIONES	77
APÉNDICES	79
ANEXOS	133
REFERENCIAS	135

Prefacio

Este proyecto de graduación pretende facilitar a la UTGVM de El Guarco de actividades y costos unitarios de intervención de la Red de Puentes para el Plan de Conservación y Desarrollo Vial Cantonal 2021-2026, debido a que en el plan actual (2016-2021) no se tiene contemplado dicho aspecto, además la Municipalidad abre un proceso de actualización del Plan de Conservación y Desarrollo Vial Cantonal en el año 2020, por lo que el producto del proyecto de graduación formará parte del apartado de puentes del Plan de Conservación y Desarrollo Vial Cantonal 2021-2026. La carencia del apartado de puentes en el Plan de Conservación y Desarrollo Vial Cantonal actual ha generado afectaciones en las comunidades que pertenecen al cantón de El Guarco, debido a que no se les pueden dar mantenimiento preventivo o periódico a los puentes en mal estado, principalmente porque no se tiene una estrategia de intervención incluida en dicho Plan.

Es preciso para la Municipalidad de El Guarco contar con recomendaciones de actividades de intervención para la Red de puentes del cantón, ya que la Unidad Técnica de Gestión Vial Municipal (UTGVM) requiere tener un mayor control del estado de sus puentes, esto beneficiará la continuidad vial, movilidad y seguridad para el cantón y sus pobladores, así como representará un aporte a la conservación vial de la Red de puentes de El Guarco y facilidad en la toma de decisiones para los profesionales del área en cuanto a la intervención de los puentes. Además, significa un mejor manejo de recursos públicos al contar con los costos unitarios de las actividades de intervención según los daños típicos presentes en el inventario, considerando que es más rentable para la Municipalidad de El Guarco la inversión en mantenimiento y conservación que en obra nueva ya que los puentes activos representan un valor patrimonial de la red vial municipal.

Para llevar a cabo el cumplimiento de todos los objetivos del proyecto fue necesario utilizar el inventario de puentes existente en el cantón de El Guarco generado por el Programa de Evaluación de Estructuras de Puentes (PEEP) y contemplar las normas o especificaciones técnicas necesarias para las actividades de intervención de puentes. Se determinaron los costos unitarios por cada actividad de intervención a partir de fuentes como el MOPT, CONAVI, SICOP y la Municipalidad de El Guarco, así como datos internacionales.

Agradecimientos

“Un agradecimiento especial a Dios por darnos las fuerzas y herramientas para llegar a este punto de nuestra vida estudiantil. Agradecer indudablemente a nuestras familias, nuestros amigos y compañeros por apoyarnos. Gracias al profesor y arquitecto Carlos Ugalde Hernández que ha guiado este proyecto hasta llegar a dar los frutos deseados. Gracias a la arquitecta Ercilia Gómez Vega de la Municipalidad de El Guarco por abrirnos las puertas para lograr el objetivo con este proyecto”

Resumen ejecutivo

El presente proyecto de graduación facilita a la UTGVM de El Guarco de actividades y costos unitarios de intervención de la Red de Puentes para el Plan de Conservación y Desarrollo Vial Cantonal 2021-2026.

Se resumieron las principales características de los puentes, y se categorizó por sus tipos de vigas, superestructura y material.

Este trabajo fue planteado pensando en la carencia del apartado de puentes en el Plan anterior, además, la Municipalidad no cuenta con datos de costos de actividades de intervención de puentes, por lo que existe un gran desconocimiento del tema por parte de la Municipalidad.

Se definieron acciones de intervención para los puentes de El Guarco según los daños

típicos presentes en el inventario facilitado por el PEEP. Mediante la búsqueda bibliográfica, se lograron recomendar especificaciones técnicas aplicables para las acciones de intervención en los puentes del cantón. El enfoque principal del proyecto fue determinar los costos unitarios para las acciones de intervención en los puentes de El Guarco.

Para llevar a cabo la propuesta de actividades para el mantenimiento de puentes fue necesario contar con el inventario (facilitado por el PEEP). A partir de los datos brindados por el PEEP se creó un cuadro que contiene la información general de los 29 puentes del cantón, se muestra a continuación:

Cuadro 1. Principales datos generales del inventario de puentes de El Guarco.

Código-municipal	Río/ quebrada	Distrito	Nombre del lugar	Material
3-08-002-01	Río Purires	Tobosi	Tobosi	Concreto Presforzado
3-08-003-01	Río Purires	El Tejar	Barancas	Acero
3-08-006-01	Río Purires	El Tejar	Hacia Barranca	Concreto Presforzado
3-08-010-01	Quebrada Fierro	Tobosi	Tablón/Lastre	Acero (Chasis de camión)
3-08-035-02	Quebrada Presa	Tobosi	NP	Acero
3-08-035-01	Río Purires	Tobosi	De calle urbana hasta Tablón	Concreto Presforzado
3-08-111-01	Quebrada Víbora	Tobosi	Laminilla	Concreto Reforzado
3-08-016-01	Río Purires	Tobosi	Tobosi	Acero
3-08-018-01	Quebrada Fierro	Tobosi	De calle urbana hasta Tablón	Concreto Reforzado
3-08-018-03	Río Purires	Tobosi	De calle urbana hasta Tablón	Concreto Reforzado

(Continuación de Cuadro 1)

Código-municipal	Río/ quebrada	Distrito	Nombre del lugar	Material
3-08-196-01	Río Purires	Tobosi	Tablón	Acero
3-08-014-01	Río Macho	San Isidro	Macho Gaff 2	Acero (Chasis de camión)
3-08-017-01	Río Purires	San Isidro	Macho Gaff 1	Madera (Troncos)
3-08-021-01	Río Macho	San Isidro	La Esperanza	Concreto Reforzado
3-08-050-01	Río Empalme	San Isidro	Tajo	Concreto Reforzado
3-08-165-01	Quebrada Jiménez	San Isidro	La Luchita	Concreto Reforzado
3-08-028-01	Río Estrella	San Isidro	Sin información	Acero
3-08-042-01	Río Estrella	San Isidro	Estrella	Concreto Reforzado
3-08-046-02	Río Estrella	San Isidro	Río la Estrella	Acero
3-08-113-01	Quebrada Lisita	San Isidro	Sin información	Concreto Reforzado
3-08-040-01	Quebrada Pedregal	San Isidro	1990-1994-Calderón	Acero
3-08-161-01	Quebrada Pedregal	San Isidro	ruta higuito	Concreto Presforzado
3-08-095-01	Río Lobo	San Isidro	ruta higuito	Concreto Reforzado
3-08-153-01	Quebrada Guatuso	San Isidro	ruta higuito	Concreto Presforzado
3-08-070-01	Quebrada Guatuso	San Isidro	ruta higuito	Concreto Reforzado
3-08-139-01	Quebrada Sin Nombre	El Tejar	Agua Caliente	Concreto Presforzado
3-08-124-01	Hacienda Vieja	El Tejar	Hacienda	Concreto Reforzado
3-08-150-01	Río Reventado	El Tejar	Santa Gertrudis	Acero
3-08-041-01	Río Purires	San Isidro	Purires	Acero

Fuente: Elaboración propia, datos extraídos del PEEP.

Posterior a esto, se hizo un conteo de las veces que se repiten los daños en la totalidad de puentes de la red y se escogieron los daños con mayor número de repeticiones, se utilizó la clasificación del Manual de Inspección de Puentes del MOPT

para definir daños según grados de importancia, donde 2 y 3 son menos significantes, 4 y 5 con mayor importancia, es decir, con mayor urgencia de intervención, a continuación, se pueden ver los daños con mayor número de repeticiones:

Cuadro 2. Daños con mayor repetición en el inventario.

Daño	No. Daños de grado 2 y 3	No. Daños de grado 4 y 5
Corrosión	-	-
Decoloración de pintura	8	-
Protección del terraplén	6	-
Eflorescencia	53	29

(Continuación de Cuadro 2)

Daño	No. Daños de grado 2 y 3	No. Daños de grado 4 y 5
Descascaramiento	36	22
Grietas en 1 Dirección	7	22
Acero de Refuerzo Expuesto	8	19
Juntas Obstruidas	5	19
Filtración de aguas	2	13
Nidos de piedra	33	10
Oxidación	15	10
Socavación	7	9
Grietas en 2 Direcciones	3	8
Deformación	6	8
Corrosión	1	3

Fuente: Elaboración propia, datos extraídos del PEEP.

Se crearon cuadros que contienen el nombre del daño, actividades para la intervención de este daño, especificaciones técnicas que deben ser tomadas en cuenta para cada actividad, los códigos de los puentes que presenta esos daños, así como fotografías ilustrativas de las acciones de mantenimiento. Con respecto a los costos, se utilizaron fuentes de información de precios de materiales, equipos y mano de obra, entre ellas el Sistema Integrado de Compras Públicas (SICOP), así como datos de rendimientos de mano de obra y algunos equipos, se determinó el costo para cada actividad, cada actividad se dividió en

subactividades, y cada una de estas tenía un desglose de tareas, para cada una de estas tareas se determinó el costo, la suma del costo de cada tarea correspondió al costo de la subactividad, la suma del costo de todas las subactividades correspondió al costo de la actividad de intervención del puente, para un total de 15 actividades enumeradas como MANTE-01 hasta MANTE-15. Se determinaron costos en colones y dólares con un cambio de dólar fijo de 570,00 colones. A continuación, se muestra un resumen de los costos resultantes, en el apartado de resultados se muestra con mayor detalle.

Cuadro 3. Costos unitarios en colones para las actividades de intervención.

Código	Actividades de reparación/Refuerzo	Costo unitario (₡)
MANTE-01	Eliminación de la oxidación mediante la limpieza con chorro de agua	7 101,34/m ²
MANTE-02	Detención del proceso de corrosión mediante la limpieza y aplicación de pintura anticorrosiva en superficies nuevas o con la totalidad de la pintura existente removida	7 929,91/m ²
MANTE-03	Remoción de la eflorescencia mediante método manuales	5 715,03/m ²
MANTE-04	Remoción de la eflorescencia utilizando lijadora electromecánica	5 441,95/m ²
MANTE-05	Remoción de la eflorescencia lavando con soluciones ácidas	4 107,09/m ²

(Continuación de Cuadro 3)

Código	Actividades de reparación/Refuerzo	Costo unitario (₡)
MANTE-06	Reparación del descascaramiento	27 496,40/m ²
MANTE-07	Reparación de nidos de piedra	28 811,01/m ²
MANTE-08	Limpieza general del puente	6 370,61/m ²
MANTE-09	Reparación de acero expuesto	31 179,62/m ²
MANTE-10	Reparación de acero expuesto mediante la instalación de ánodos galvánicos embebidos	19 796,52/m ²
MANTE-11	Reparación de grietas en una dirección mediante la inyección de resinas epóxicas a presión	16 477,96/m ²
MANTE-12	Sellado de grietas en losas de concreto o carpetas asfálticas	10 829,17/m ²
MANTE-13	Sustitución de las juntas de expansión por juntas de silicón	9 425,53/ml
MANTE-14	Limpieza de los cauces para prevenir la socavación	6 084,49/m ³
MANTE-15	Colocación de enrocados (escolleras) en el cuerpo principal de los bastiones	21 148,07/m ²

Fuente: Elaboración propia.

En el siguiente cuadro se muestra el resumen de los costos obtenidos mediante renglón de pago para cinco de las quince actividades de mantenimiento.

Cuadro 4. Resumen de los renglones de pago de 5 actividades de intervención.

Código	Descripción	Unidad	Costo unitario (₡)	Costo unitario (\$)
MANTE-03	Remoción de la eflorescencia mediante método manuales	m ²	25 939,83	45,51
MANTE-06	Reparación del descascaramiento	m ²	56 223,33	98,64
MANTE-07	Reparación de nidos de piedra	m ²	57 099,87	100,18
MANTE-08	Limpieza general del puente	m ²	27 931,62	49,00
MANTE-09	Reparación de acero expuesto	m ²	60 087,33	105,42

Fuente: Elaboración propia.

A partir de todos los resultados obtenidos se crearon gráficos para facilitar la visualización, y en el apartado de apéndices se tienen los cuadros con la información completa.

Se concluyó que, a partir del inventario, se cuenta con 10 puentes de concreto reforzado, 9 de

acero, 7 de concreto preforzado, 2 de acero de chasis de camión y 1 de troncos de madera. Según el tipo de viga, los puentes se clasifican de la siguiente manera: 13 de viga I, 6 viga losa, 4 viga canaleta, 3 viga T, 1 vigueta, 1 tronco y 1 de viga variable.

Se identificaron 12 daños con mayor cantidad de repeticiones en la red de puentes. Los daños se presentan en la mayoría de casos en la superestructura y en los accesorios. En menor medida, en la subestructura se encuentran daños con mayor gravedad o que comprometen la estructura.

Se recomienda a las municipalidades contar con un inventario actualizado de la red de puentes de su cantón, además de registrar los costos reales de cada actividad de mantenimiento de sus puentes para realizar una base de datos que pueda ser útil para ellos mismos y para otras municipalidades. También es importante determinar el rendimiento de sus trabajadores y de sus equipos, así como el inventario actualizado de herramientas y equipo existente en la municipalidad.

Introducción

Los puentes componen un medio de conexión de vías importante e indispensable en muchos lugares del país, y no es excepción del cantón de El Guarco. Debido a su funcionalidad, es necesario conocer la importancia que tiene la conservación de dichas estructuras, las condiciones ambientales que las afectan y las medidas que se pueden tomar para mitigar el impacto del deterioro sobre el puente.

En Costa Rica se tienen pautas para la inspección de puentes, sin embargo, no se tiene una cultura en el mantenimiento de puentes, en especial en los gobiernos locales. Actualmente el país solo cuenta con un 'Manual de Inspección de Puentes' del Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT) para la valoración de daños en estas estructuras y este es a nivel nacional, no fue diseñado para las necesidades específicas de las municipalidades. Además, muchas municipalidades no cuentan con una partida de dinero para cubrir los gastos de intervención de puentes.

Debido a esta carencia, se propone a la Unidad Técnica de Gestión Vial (UTGVM) de la Municipalidad de El Guarco incorporar actividades y costos unitarios de intervención de la Red de Puentes de El Guarco al Plan de Conservación y Desarrollo Vial Cantonal 2021-2026, considerando que la versión anterior de dicho Plan no contempla un apartado de puentes.

Uno de los países con más camino recorrido en cuanto a la salud y gestión de los puentes es Estados Unidos, gracias a la Federal Highway Administration (FHWA) se realiza un programa de inspección de puentes, pruebas de capacidad estructural y, además, promueve prácticas de mantenimiento. Por otro lado, en el país, este tema se ha estudiado por la Unidad de Puentes del Laboratorio

} Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LANAMME) de la Universidad de Costa Rica y el programa eBridge” del Tecnológico de Costa Rica, este último, tiene un subprograma, este es el

Programa de Evaluación de Estructuras de Puentes (PEEP). En el año 2018 llevó a cabo la inspección de la red de puentes de la Municipalidad de El Guarco, y gracias a los datos tomados en campo por profesionales del área, se logró tener la información para llevar a cabo este proyecto. A continuación, se describe explícitamente los objetivos de este trabajo.

Objetivo General

Facilitar a la UTGVM de El Guarco de actividades y costos unitarios de intervención de la Red de Puentes para el Plan de Conservación y Desarrollo Vial Cantonal 2021-2026.

Objetivos específicos

- Caracterizar los puentes de la red vial cantonal de la Municipalidad de El Guarco a partir de la inspección hecha por el PEEP.
- Definir acciones de intervención para los puentes de El Guarco según los daños típicos presentes en el inventario.
- Recomendar especificaciones técnicas aplicables para las acciones de intervención en los puentes del cantón.
- Determinar los costos unitarios para las acciones de intervención en los puentes de El Guarco.

Para desarrollar el marco teórico de este trabajo, se requirió de una investigación sobre los temas que se deben conocer previamente para comprender los resultados mostrados, entre los autores que predominan en la teoría están: El MOPT con del Manual de Inspección de Puentes y la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) con la normativa para la inspección e intervención de puentes, además se tienen otros autores que se pueden ver a lo largo del marco teórico.

Para el desarrollo de los resultados fue necesario estudiar el Manual para el Mantenimiento de Puentes propuesto en la tesis de Licenciatura de Tomas Winiker (2019), además de una serie de especificaciones técnicas como las American Society for Testing and Materials (ASTM), AASTHO, Manual de Especificaciones Generales para la Conservación de Caminos, Carreteras y Puentes (MCV), Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes (CR-2010), Código Sísmico de Costa Rica (CSCR-2014), entre otras, con el objetivo de obtener los resultados de las especificaciones técnicas aplicables para las actividades de intervención. Se requirió el inventario de puentes del cantón con los daños de los puentes para determinar los costos de intervención, fue necesario acudir a fuentes como el SICOP, datos de la Municipalidad y diferentes depósitos de materiales de construcción para la recolección de precios de materiales, equipo y mano de obra para cada actividad de mantenimiento. De esta manera se determinaron los costos unitarios.

mediciones, y de ser calculado, el porcentaje podría alejarse de la realidad de forma importante. Además, no se tiene conocimiento de la cantidad de trabajadores que dispone la Municipalidad para realizar reparaciones ni su salario, tampoco se tiene el inventario del equipo, y las herramientas disponibles, esta información no es de libre acceso.

Alcance y Limitaciones

El alcance de este proyecto consiste en desarrollar un contenido útil para la Municipalidad de El Guarco, donde se puede incorporar al Plan de Conservación y Desarrollo Vial Cantonal 2021-2026 las actividades y costos unitarios de intervención de la Red de Puentes, de conformidad con las necesidades de la Municipalidad.

Con respecto a las limitaciones, se cuenta con la carencia de bases de datos de precios, presupuestos y trabajos anteriores similares a las actividades de intervención de puentes, por lo que la mayor parte del cálculo de costos se realizó mediante valores individuales de materiales, equipo y mano de obra con su respectivo rendimiento y de los que no se tenía este dato ni ficha técnica, se consultó a maestros de obras con experiencia en trabajos viales. Al no contar con un estudio de mercado, se utilizaron precios de ofertas que se encuentran en el SICOP. Añadido a esto, no existen mediciones que respalden la determinación de las cantidades de recursos necesarios para cada tarea propuesta, por lo que se dificulta tener datos tales como el porcentaje de desperdicio que se genera en la realización de la tarea y que se determina a partir de dichas

Antecedentes

Ubicación del proyecto: El Guarco

El Cantón de El Guarco corresponde al número 8 de la provincia de Cartago y está situado al extremo suroeste. Tiene la curiosa forma de un cuchillo mellado, que se eleva desde las llanuras del Valle del Guarco y se incrusta en las altas estribaciones de la Cordillera de Talamanca.

Limita al Noroeste, Norte, Noreste, Este y Sureste con el cantón de Cartago, al sur y suroeste con el Cantón de Dota y al Oeste con el Cantón de Desamparados.

El cantón de El Guarco fue creado por ley No.195 el 26 de julio de 1939 dividido en cuatro distritos. Se designó como cabecera el barrio de El Tejar. El Guarco procede del cantón de Cartago, establecido este último en ley No. 36 de 7 de diciembre de 1848.

“Las coordenadas geográficas medias del cantón de El Guarco están dadas por 09° 43'57" latitud norte y 83° 54'51" longitud oeste.” (Municipalidad de El Guarco, s.f.). La anchura máxima es de treinta y tres kilómetros, en dirección noroeste a sureste, desde el sector norte de villa Tobosi hasta unos 2.800 metros al sureste del poblado Ojo de Agua, sobre la carretera Nacional No. 2, que une las ciudades de El Tejar y San Isidro de El General.



Figura 1. Mapa político de El Guarco. Fuente: Municipalidad de El Guarco (s.f.)

El nombre del cantón es en memoria del cacique Huetar del mismo nombre que habitó en la región. Según don Manuel M. de Peralta en su ensayo sobre Los Aborígenes de Costa Rica, señala que Guarco es una palabra indígena que viene del náhuatl que significa Qualcan, “qualli”: bueno, conveniente, y la palabra “can”: lugar. Qualcan o Guarco: buen lugar, o de acuerdo con la versión del padre don Alonso de Molina; "lugar abrigado y conveniente".

Según la Municipalidad de El Guarco en el Plan Cantonal de Desarrollo Humano Local (PCDHL) 2016-2026 se tiene la siguiente distribución por cada distrito por metro cuadrado, se muestra a continuación:

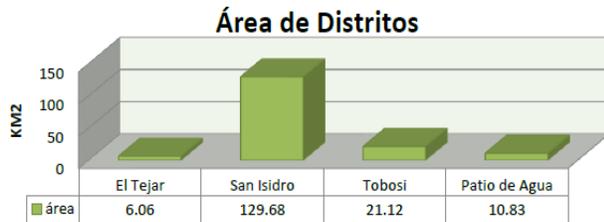


Figura 2. Distribución de cada distrito del cantón. Fuente: Municipalidad de El Guarco (s.f.)

Con respecto a la población del lugar, según el INEC y la Municipalidad de El Guarco en el PCDHL 2016-2026, El Guarco cuenta con un total de 41793 habitantes, de los cuales 21057 son hombres y 20736 mujeres. Además, según la información del X Censo Nacional de Población del INEC, el Cantón de El Guarco es un cantón joven, con un total de 70% de la población entre los cero y treinta y nueve años.

Según los datos del INEC, este cantón presenta una economía basada en la agricultura y ganadería, esto en los distritos de San Isidro, Tobosi y Patio de Agua, mientras que en el distrito de El Tejar se tiene una economía basada en servicios.

En el cantón de El Guarco se concentran importantes actividades agrícolas de alta rentabilidad y dirigidas a la exportación, que son principalmente la floricultura y el cultivo de helechos. En el distrito de El Tejar gran parte de las actividades industriales más significativas se han ubicado en el lado oeste de la carretera interamericana que el Plan GAM estableció como zonas industriales.

MIDEPLAN

El Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica (MIDEPLAN) creó un proyecto para implementar Planes Cantonales de Desarrollo Humano Local y Planes Estratégicos Municipales, son herramientas innovadoras para enfrentar la asimetría del desarrollo del país, donde promueve la participación inclusiva de la ciudadanía del cantón en proyectos que contribuyen al desarrollo. MIDEPLAN trabaja en conjunto con otros planes para el desarrollo del cantón como el Plan Cantonal de Desarrollo Humano Local (PCDHL).

Dentro de las políticas cantonales de El Guarco se encuentran las mejoras en áreas como: el desarrollo social, el ambiente y ordenamiento territorial, la infraestructura, la seguridad humana, la cultura, la gestión del riesgo, economía sostenible y la educación.

Municipalidad de El Guarco

La Municipalidad del El Guarco existe para y por los ciudadanos del cantón. Su misión recalca la importancia de brindar servicios de calidad y a su vez dar continuidad a estos, promueve la democracia y participación, contribuyendo al mejoramiento de la calidad de vida y al desarrollo humano local de los y las habitantes del cantón.

Su visión destaca el interés por interactuar con la ciudadanía mediante tecnología de información y comunicación eficiente y fortalecida, con lo cual proyectan un desarrollo integral humano, la inclusión social, espacios de participación y liderazgo a nivel regional.

Entre las gestiones de la Municipalidad se encuentran: Gestión Financiera, Ambiental, de Servicios Públicos, Tributaria, de Desarrollo Urbano, Social, y Gestión Vial, dentro de la cual se encuentra la Unidad Técnica de Gestión Vial Municipal (UTGVM), de la cual se hablará a continuación, ya que es de mayor interés para el presente proyecto.

Unidad Técnica de Gestión Vial Municipal (UTGVM)

Según la Municipalidad de El Guarco (s.f.) la UTGVM se creó con el objetivo de lograr un eficiente y eficaz sistema de vías moderno, competitivo, orientado a conseguir una adecuada integración territorial del cantón, además busca una eficaz articulación de los centros de producción agrícola e industrial con los mercados regionales y nacionales e internacionales, así como un buen tránsito de las vías, con el fin de satisfacer las necesidades de los usuarios.

Por otro lado, la Gestión de la UTGVM, posee dos procesos: el Proceso de la Promoción social y el Proceso de Gestión de Proyectos, además está compuesta por un ingeniero, un gestor de proyectos y un promotor social.

Entre los trabajos importantes que lleva a cabo la UTGVM se encuentra la elaboración y actualización del Plan de Conservación y Desarrollo Vial Cantonal, a continuación, se explica más detalladamente.

Plan de Conservación y Desarrollo Vial Cantonal (PCDVC)

“La conservación vial puede definirse como el conjunto de actividades de obras de ingeniería vial, que requieren realizarse de forma preventiva para evitar el deterioro prematuro de los elementos que conforman la red cantonal.” (Municipalidad de El Guarco, s.f.).

La Municipalidad del El Guarco (s.f.) indica en el PCDVC la importancia de tener una conservación adecuada de los activos municipales como caminos, carreteras, puentes, etc. Esto debido a que, además de tratarse de patrimonios viales, esto provoca una disminución en el costo de operación de los sectores económicos, por lo que hace más competitivo al cantón.

El desarrollo de la viabilidad es una necesidad importante que promueve el transporte y comunicación entre pueblos, procurando cubrir necesidades sociales y económicas. Esto requiere de un sistema de procesos técnicos especializados, inspecciones periódicas de las condiciones de los activos patrimoniales, por esta razón se requiere un programa de conservación que contemple la ejecución anual y la ejecución periódica coordinadas en conjunto para optimizar los costos disponibles de la municipalidad.

En el periodo 2016-2022 rige el Plan de Conservación y Desarrollo Vial Cantonal desarrollado cuidadosamente con el fin de orientar la distribución de recursos a emplear en la red vial cantonal y lograr cumplir los objetivos de desarrollo planteados por la Municipalidad. El PCDVC constituye la principal herramienta de la UTGVM para formular las programaciones de las obras para los años del periodo designado, en este caso 2016-2022.

El plan de 2016-2022 fue formulado a partir de un curso intensivo de “Elaboración de planes de Conservación y Desarrollo de la Red Vial Cantonal” impartido por la Universidad Estatal a Distancia (UNED) en conjunto con el Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT) en el 2013, donde se llevaron a cabo 9 talleres y 4 encuentros, en los que participaron funcionarios de distintas municipalidades.

El plan actual no cuenta con el desarrollo de una programación para la conservación de la red de puentes del cantón, por lo que no se contempla el inventario de todos los puentes ni el estado en los cuáles se encuentran estos, además no considera una metodología de priorización propia de la Municipalidad, donde se considere la capacidad económica de cubrir dicha conservación, por lo que en periodos anteriores se

ha utilizado el programa de Red Vial Cantonal del MOPT-BID y el Manual de inspección de puentes del MOPT, los cuales se describen a continuación.

Programa de Red Vial Cantonal I MOPT-BID

Es un programa de infraestructura vial que el MOPT, gracias al apoyo del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) desarrolla a nivel nacional durante 5 años (2019-2024), donde las municipalidades son las protagonistas.

El programa contempla la intervención de caminos y puentes, así como capacitación para el fortalecimiento de las competencias del personal de los gobiernos locales. Este programa ayuda a mejorar la economía del país y la gestión vial municipal.

Manual de Inspección de Puentes del MOPT

A partir de una donación de la Agencia de Cooperación Japonesa (JICA) durante el “Estudio sobre el Desarrollo de Capacidad en la Planificación de Rehabilitación, Mantenimiento y Administración de Puentes, basado en 29 puentes de la Red de Carreteras Nacionales en Costa Rica”, el MOPT desarrolla el Manual de Inspección de Puentes.

Este manual es utilizado por todas las municipalidades, a excepción de aquellas que cuentan con una metodología de intervención y mantenimiento de puentes propia del cantón, sin embargo, cualquier metodología propia debe ser basada en el Manual de Inspección de Puentes del MOPT.

Dicho manual contempla actividades de mantenimiento de puentes, descripción de las diversas estructuras, componente de los puentes, inspección, formularios, entre otros.

eBridge, TEC

“(…) es un proyecto multidisciplinario coordinado por el Centro de Investigaciones en Vivienda y

Construcción de la Escuela de Ingeniería en Construcción y en el que participaron las Escuelas de Ingeniería en Electrónica, Computación, Forestal y Producción Industrial; además se contó con participación en algunas tareas de la Escuela de Ciencia e Ingeniería de Materiales.” (Garita & Ortiz, 2018). Este programa se encuentra dentro del programa de investigaciones eScience.

En el proyecto eBridge participó el Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI) y el Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT). Este proyecto pretende generar una herramienta para la predicción de fallas en puentes a través del monitoreo de variables en la estructura de estos.

El desarrollo de eBridge se ha llevado a cabo en 3 etapas, las cuales se citan a continuación:

- eBridge 1.0: Predicción remota de fallas en puentes en los años 2011 y 2012, de la cual se obtuvo una mejora en las metodologías de inspección vial, mediante la generación de herramientas para la determinación de variables que influyen en el comportamiento estructural de los puentes, además se identificaron metodologías y herramientas para la evaluación y determinación del comportamiento real de algunas estructuras.
- eBridge 2.0: Desarrollo de un prototipo de sistema integrado de información para consultas estratégicas sobre el desempeño de los puentes, con base en los datos obtenidos de sistemas de información geográfica, medición cuantitativa del desempeño, modelos de confiabilidad estructural e información técnica de la estructura.
- eBridge 3.0: Ampliación del prototipo de eBridge 2.0, donde se incluye metodologías de evaluación principalmente no destructivas, análisis de riesgos ambientales, diagnóstico e inteligencia de negocios para estudios de confiabilidad en puentes.

Otro de los propósitos de eBridge es poder hacer planes de mantenimiento e intervención de la infraestructura de los puentes a partir de la información obtenida del sistema de monitoreo, promoviendo la competitividad del país.

El sistema de monitoreo obtiene los datos generados por el CONAVI en las primeras dos

fases, esto a través de un convenio que se tiene con dicho ente, pero también puede alimentarse de datos obtenidos por las municipalidades que se integren al proyecto.

Junto con la aprobación del proyecto eBridge nace el Programa de Evaluación de Puentes (PEEP), el cual se detallará en el siguiente apartado.

Programa de Evaluación de Estructuras de Puentes (PEEP)

Nace en el 2011 junto con la aprobación del proyecto de investigación eBridge. El PEEP se crea por la necesidad nacional de mejorar la administración y toma de decisiones en temas de infraestructura vial, específicamente en puentes.

Para la creación del PEEP se contó con la participación del Consejo Nacional para Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICIT). El PEEP gestiona con un contrato de prestación de servicios de información al CONAVI y un proyecto de extensión universitaria con la Municipalidad de El Guarco. La coordinación del programa está a cargo de la Ing. Giannina Ortiz Quesada. Este programa tiene cuatro áreas de trabajo definidas:

- 1) Integración de sistemas.
- 2) Instrumentación.
- 3) SIG (Sistema de Información Geográfica) para infraestructura.
- 4) Evaluación cuantitativa de estructuras y modelos de confiabilidad.

El PEEP ha sido el encargado de recopilar la información relacionada con el inventario y estado de la infraestructura de puentes en el país. En un inicio se buscó obtener esta información del MOPT ya que es la institución encargada de recopilar esta información, mas no contaba con ella, por lo que en se tuvo que obtener esta información mediante el proyecto de investigación eBridge para conocer la situación del país.

A partir de eBridge y del PEEP se obtuvieron importantes resultados, según eBridge (2018) entre ellos destacan los siguientes:

- Costa Rica posee un total de 36,39 km de puentes con un valor de reposición estimado en \$597 millones (\$2000/m²)
- Alrededor del 40% de los puentes existentes están al fin de su vida útil de 50 años, por lo cual requieren ser intervenidos con rehabilitación o sustitución, esto considerando que el

periodo de construcción mayormente activo fue entre 1955-1965.

- Urge la realización de un inventario real y caracterización técnica de las estructuras con el propósito de tomar medidas sobre mantenimiento e intervención. Al no contar con un inventario nacional completo esto hace que el país se califique como en “estado grave”.
- Existe falta de planificación y definición de políticas a nivel nacional, debido a que en el 2017 el JICA entregó el informe final del “Estudio sobre el Desarrollo de Capacidad en la Planificación de Rehabilitación, Mantenimiento y Administración de Puentes basado en 29 Puentes de la Red de Carreteras Nacionales”, y el software complementario “Sistema de Administración de Estructuras de Puentes” (SAEP) con guías de mantenimiento, manuales y lineamientos. Esta herramienta no había sido implementada y requería de una actualización debido al avance tecnológico.
- Los entes encargados de la toma de decisiones en esta materia, MOPT y CONAVI; han destinado muy pocos recursos para atender la situación.
- El país no cuenta con normativa especializada en el tema de puentes, sino que la recomendación que se utiliza es la normada por la AASHTO, sin embargo, se deben tener normativas propias del país, según todas las condiciones reales.
- El MOPT y CONAVI son participes en la toma de decisiones en cuanto a infraestructura vial, sin embargo, no existe la comunicación adecuada entre ambas instituciones, ya que existen duplicidad de documentos, descuido de los problemas por parte de ambas, y esto representa un retroceso para el país.

A continuación, se muestran los principales resultados obtenidos por eBridge y el PEEP para el año 2018:

Preocupación en puentes



De 1.586 puentes analizados*:



*Puentes de la Red Vial Nacional, sin tomar en cuenta puentes de la Red Vial Cantonal. Fuente: Programa eBridge, Tecnológico de Costa Rica.

TEC

Figura 3. Estado de los puentes del país para el año 2018. Fuente: eBridge, TEC.

Gracias a la información obtenida por el PEEP se logró determinar la repetitividad de los 43 daños y se tabularon los 16 más comunes. Además, se realizaron gráficos para analizar la condición de los elementos de los puentes.

Inspección

La inspección significa la realización de la constatación visual o la comprobación de un diseño, producto, proceso, servicio o instalación para evaluar su conformidad con unos requisitos en un momento determinado.

Cuando se realiza la inspección de puentes, el criterio técnico dado por el profesional es altamente subjetivo, debido a que depende de la apreciación visual del inspector. A causa de lo anterior, el Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales por sus siglas Lanamme (2015) señala que el resultado de la calificación de la condición del puente depende de una apropiada inspección visual objetiva en donde obviar daños importantes o sobrevalorar los daños durante la inspección conlleva a calificaciones erróneas, en donde son más sensibles aquellos elementos de mayor importancia estructural del puente.

Es por esta razón que se debe hacer la revisión de los planos de diseño del puente para comprender su sistema estructural, sin embargo, muchas veces no se tienen planos de los puentes, por lo que la inspección queda sujeta a la visualización.

La información recopilada durante la inspección de puentes es fundamental para programar el mantenimiento oportuno. Si la programación de mantenimiento se respeta, las estructuras no continúan envejeciendo y deteriorándose de la misma manera que si no existiera mantenimiento, una evaluación precisa y completa es esencial para mantener en servicio una red vial confiable.

El MOPT cuenta con un Manual de Inspección de Puentes donde describe los procedimientos y métodos para realizar el inventario de puentes y evaluar su deterioro, está basada en los criterios de inspección definidos por la AASTHO, por otro lado, LanammeUCR tiene una Guía para la Determinación de la Condición de Puentes en Costa Rica mediante Inspección Visual, la cual es una propuesta metodológica desarrollada por la Unidad de Puentes del LanammeUCR para la inspección visual de estructuras de puentes existentes, para la elaboración de esta propuesta se analizaron los procedimientos utilizados en 12 países, en un esfuerzo de elaborar a partir de la experiencia internacional una metodología propia, adaptada a las condiciones del país y a las necesidades de la infraestructura nacional.

Para llevar a cabo la inspección, usualmente se utilizan formularios de inspección, sistemas de obtención de datos, sistemas de monitoreo, etc.

La inspección de puentes del país está ligada con el Sistema de Administración de Estructuras de Puentes (SAEP), el cual se describe a continuación.

Sistema de Administración de Estructuras de Puentes (SAEP)

Con el fin de tener un programa informático propio para la gestión de puentes del país, fue creado en el 2007 el SAEP. Este sistema fue desarrollado por el JICA como resultado del convenio de cooperación técnica con el gobierno de Japón.

El SAEP consiste en una base de datos y tres sistemas de evaluación. La base de datos almacena la información técnica, la actualización de esta, la búsqueda y adquisición de datos. Con los sistemas de evaluación se determina el grado de deterioro de la estructura, además brinda el costo aproximado de reparación, establece la prioridad de reparación y ayuda a planificar el mantenimiento o rehabilitación de los puentes de manera eficiente.

Este es el sistema que ha utilizado el MOPT, CONAVI, eBridge, LanammeUCR y algunas municipalidades para ingresar datos de inspección de puentes. Para que la herramienta informática SAEP brinde resultados confiables, es necesario que la información recopilada en campo y planos sea lo más certera posible.

El SAEP define un Índice de Condición del Puente (BCI), en una escala de 1 a 5, el cual es un indicador que ayuda a identificar los puentes más deteriorados y que necesitan una intervención a corto plazo, gracias al cual, el puente y los elementos se pueden clasificar en una condición satisfactoria, regular o deficiente (Grupo de investigación eBridge, 2019).

Según Winiker (2019) actualmente el SAEP presenta aspectos por mejorar con respecto a sistema de monitoreo como BRIMOS y SHMLive, softwares comparados por Garita, Ortiz, & Mora, Mora (2018).

Marco teórico

Según Gómez (abril, 2019) no contar con una metodología propia de la Municipalidad de El Guarco ha generado retrasos en la intervención de puentes y ha reflejado un sobre costo en el momento de intervenir un puente, en especial porque los puentes del cantón no se encuentran contemplados dentro del Plan de Conservación Vial 2016-2021. Además, no se contaba con un inventario detallado de los puentes existentes.

Por esta razón es de suma importancia realizar la inspección y evaluación de puentes, priorizarlos e intervenirlos, todo esto según las facilidades de la Municipalidad, para este caso se debe conocer el funcionamiento de los puentes y sus características, así como la funcionalidad de la Municipalidad del El Guarco con respecto a la gestión vial, y se debe conocer el inventario de puentes generado por el PEEP con el fin de crear una metodología para la evaluación y priorización de puentes del cantón.

Puentes

“Un puente es una obra que se construye para salvar un obstáculo dando así continuidad a una vía” (Rodríguez, 2012). El propósito de un puente es dar continuidad a la vía, cuando esta pasa obstáculos como ríos, precipicios, desniveles, etc.

La realidad del país es que no todos los puentes son hechos bajo un método constructivo establecido y supervisado por la municipalidad, el MOPT u otro ente encargado. En el cantón del Guarco, mediante la inspección que realizó el Programa de Evaluación de Estructuras de Puentes (PEEP) de eBridge del Tecnológico de Costa Rica se hallaron algunos puentes considerados “hechizos” este tipo de puentes son construidos por los pobladores de la zona de manera clandestina, no consideran cargas, factores de seguridad, diseño, entre otros aspectos, simplemente se construyen a causa de

la necesidad de las personas por trasladarse de un lugar a otro.

Más adelante se explicará en qué consiste este tipo de puentes, así como los principales tipos de puentes existentes en el país.

Clasificación

Se muestran los tipos de puentes más comunes existentes en Costa Rica y en el mundo, esto según la clasificación del Manual de Inspección de Puentes del Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT).

De acuerdo con el mecanismo de transmisión de carga

- a) Puentes de viga
- b) Puentes apoyados
- c) Puentes de arco
- d) Puentes en volados sucesivos
- e) Puentes atirantados
- f) Puentes colgantes

De acuerdo con las condiciones estáticas

- a) Puentes isostáticos
- b) Puentes hiperestáticos
- c) Puentes transición

De acuerdo con el material utilizado

- a) Puente de madera
- b) Puentes de mampostería de ladrillo
- c) Puentes de mampostería de piedra
- d) Puentes de hormigón ciclópeo
- e) Puentes de hormigón simple
- f) Puentes de hormigón armado
- g) Puentes de hormigón pretensado

- h) Puentes de sección mixta
- i) Puentes metálicos

De acuerdo con la función

- a) Puentes camineros
- b) Puentes ferroviarios
- c) Puentes en pista de aterrizaje
- d) Puentes acueducto
- e) Puentes canal
- f) Puentes para oleoductos
- g) Puentes basculantes
- h) Puentes parpadeantes
- i) Pasarelas
- j) Puentes mixtos

Por otro lado, American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) tipifica los puentes de acuerdo a su longitud:

- a) Puentes mayores (Luces de vano mayores a 50 m)
- b) Puentes menores (Luces entre 10 m y 50 m)
- c) Alcantarillas (Luces menores a 10 m)

Entiéndase por luces como la longitud horizontal existente entre los apoyos de un puente.

Como se mencionó anteriormente, en el caso de Costa Rica y muchas otras partes del mundo, y en el caso particular del cantón del El Guarco se tienen puentes hechizos. Este tipo de puentes corresponde a una obra que carece de cualquier criterio técnico, muchas veces las piezas utilizadas están dañadas o están fatigadas según Alfaro (2018).

Componentes del puente

Según el Manual de Inspección de Puentes del MOPT se tienen los siguientes componentes en un puente:

Superestructura

Este componente hace referencia al piso, elementos de superestructura tipo viga, tipo cercha y tipo arco (considerados principales), así como los diafragmas, sistemas de arriostamiento, portales, aceras (considerados secundarios). Los tipos de superestructura más comunes en el país son:

Superestructura de Viga

Corresponde principalmente a elementos horizontales que descansan sobre apoyos, bastiones o pilas. El tablero es una losa de concreto por lo general, además, lo compone un sistema de vigas de sección I de acero o de concreto, pueden ser vigas T de concreto reforzado o presforzado, o una viga tipo cajón. Se puede clasificar según las condiciones de apoyo de la siguiente manera:

- a) **Viga simple**, esta se encarga de transmitir las cargas a los apoyos, las fuerzas son verticales y se encuentran en compresión. Estas vigas tienden a flexionarse por las cargas soportadas, el elemento se encuentra en compresión en la parte superior y en la parte inferior se encuentra en tensión. Las vigas van de un apoyo a otro. Ver Figura 4.
- b) **Viga continua**, es similar a la viga simple, la diferencia está en que requiere un apoyo y las pilas pueden ser menos anchas. Las vigas van de inicio a fin del puente. Ver Figura 5.
- c) **Marco rígido**, según Salazar (2012) las vigas se encuentran empotradas en las pilas, por lo que la superestructura trabaja en forma integral con la subestructura, donde la estructura de soporte es suficientemente rígida para disminuir los momentos flectores en el centro de la luz. Ver Figura 6.



Figura 4. *Puente de viga simple*. Fuente: El diario Ranco, en línea (2016).



Figura 5. *Puente de viga continua*. Fuente: Grupo PACADAR (s.f.), en línea.



Figura 6. *Puente de viga-marco rígido*. Fuente: El diario Ranco, en línea (2016).

Superestructura de Cercha

“Se compone de dos armaduras unidas entre sí mediante el sistema de piso, diafragmas transversales o portales y los sistemas de arriostramientos superior e inferior” (Salazar D, 2018). Las armaduras están formadas por elementos rectos sometidos a esfuerzos de tensión y compresión que se unen por nodos o juntas. A continuación, se muestran los tipos de superestructura de cercha más comunes:

- a) **Cercha paso inferior**, se ubica sobre el tablero y el paso vehicular es por debajo de la estructura. No es muy utilizada debido a que la visibilidad de los conductores se reduce provocando posibles colisiones. Ver Figura 7.
- b) **Cercha paso superior**, se ubica por debajo del tablero, por lo que el tránsito vehicular está sobre la estructura de la cercha. Figura 8.

- c) **Cercha de media altura**, es una cercha de paso inferior, pero sin cercha en la parte superior, lo que se conoce como puente tipo Bailey (provisional) con tramos de 3.05 m y puente tipo Pony (permanente) en Costa Rica. Ver Figura 9.



Figura 7. *Puente de cercha paso inferior*. Fuente: ALEU, en línea (2017).



Figura 8. *Puente de cercha paso superior*. Fuente: MediaBros, en línea (s.f.).



Figura 9. *Puente de cercha de media altura, Bailey*. Fuente: Alibaba, en línea (s.f).

Superestructura de Arco

Es el tipo de superestructura más antiguo, donde las vigas o armaduras tienen forma de arco y descansan sus extremos sobre apoyos o soportes, y los elementos se someten principalmente a compresión, a pesar de esto, a mayor curvatura la tensión incrementa. Existen diferentes tipos de arcos, son los siguientes:

- a) **Arco superior**, el arco se ubica debajo del tablero del puente, se utilizan comúnmente en puentes de ríos navegables permitiendo que el claro inferior sea lo suficientemente amplio para el paso de barcos, o cuando el cañón que se encuentra debajo tiene gran profundidad. Ver Figura 10.
- b) **Arco inferior**, es utilizado principalmente por razones de estética. El arco se encuentra por encima del tablero del puente y esto genera tensión en los elementos verticales. Se usa muchas veces cuando la rasante del camino se encuentra a un nivel similar a la superficie del río. Ver Figura 11.
- c) **Arco de paso intermedio**, se usa cuando se tienen cañones poco profundos y en pasos superiores de carreteras. El tablero se encuentra a una mediana altura del arco, por esta razón las péndolas que están al costado del puente trabajan en compresión y las que están en la parte central del puente se encuentran en tensión. Ver Figura 12.

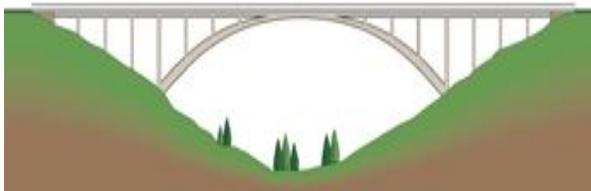


Figura 10. *Puente tipo arco de paso superior.* Fuente: Ikonet, en línea (s.f.).



Figura 11. *Puente tipo arco de paso inferior.* Fuente: Ikonet, en línea (s.f.).

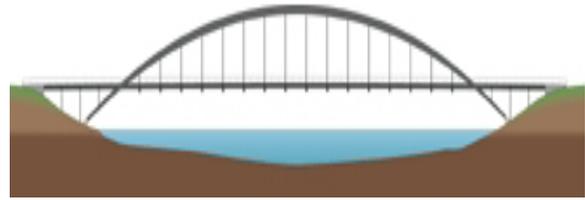


Figura 12. *Puente tipo arco de paso intermedio.* Fuente: Ikonet, en línea (s.f.).

Superestructura Suspendidas

Consiste en un tablero sujeto por cables, por lo general los puentes de este tipo pueden ser de gran distancia. Existen dos tipos:

- a) **Colgantes**, el tablero es sostenido por los cables sujetos a un arco invertido, los cables principales están sujetos a los extremos mientras que los cables secundarios (verticales) están sujetos a los principales. Lo común es que tengan torres que reciben las fuerzas de compresión por la carga muerta y carga viva de la estructura, este peso lo soporta el tablero, que transfiere la carga a los cables y posterior, los cables transfieren la carga a las torres, y éstas a las fundaciones. Los cables reciben fuerzas de tensión y los anclajes que se encuentran en los extremos trabajan a tensión. Ver Figura 13.
- b) **Atirantados**, es una variante de puente colgante donde se pretende cambiar los cables y los anclajes que están en arco invertido por una forma triangular, esto significa que los cables serán de menor sección y peso. Los cables trabajan en tensión. Comúnmente las pilas son en forma de H, Y invertida, A, A cerrada por la parte inferior, etc. Ver Figura 14.



Figura 13. *Puente tipo suspendido colgante*. Fuente: Framepool, en línea (s.f).



Figura 14. *Puente tipo suspendido atirantado*. Fuente: Arquitectura Panamá, en línea (2014).

Subestructura

Comprende los apoyos, los bastiones y las pilas. Estos elementos son los encargados de sostener y transmitir los esfuerzos de la superestructura a los cimientos. Estos elementos son:

Apoyos

Estos son dispositivos mecánicos que transmiten las solicitaciones desde la superestructura a las pilas o bastiones. Cuando se selecciona el tipo de apoyo se consideran: la traslación por expansión o contracción térmica (o por sismo) y la rotación causada por la deflexión de la carga muerta y carga viva, todo esto conduce al grado de libertad. Entre los tipos de apoyos se tienen:

- a) **Apoyo de expansión**, transmite las reacciones en la estructura de un miembro a otro, esto hace que la estructura pueda

rotar y haya traslados en el sentido longitudinal, los dispositivos más comunes son, el apoyo de balancín, tipo patín, tipo rodillo, etc.

- b) **Apoyo fijo**, este dispositivo restringe la traslación y permite la rotación de la estructura.
- c) **Placas de neopreno**, este tipo de dispositivo consiste en una placa de hule con alta durabilidad y resistencia a la intemperie. Transmite las cargas de la superestructura a la subestructura. Ver Figura 15.



Figura 15. *Placas de neopreno en un puente*. Fuente: Industria Rubberparts, en línea (2016).

Pilas

Estos elementos sirven como apoyos intermedios de la superestructura, por lo general se utilizan cuando los claros son grandes. Puede ser de concreto, madera o acero.

Son elementos similares a los bastiones, pero sin los aletones, aunque su principal diferencia radica en la función. Las pilas deben soportar fuerzas de empuje del suelo y las fuerzas presentes en los tramos intermedios, como la compresión, flexión, tensión y torsión. Según el MOPT en el Manual de Inspección de Puentes (2007) existen los siguientes tipos de pilas:

- a) **Muro**, es una pared colocada por encima de los cimientos que llega hasta la superestructura (donde está la viga cabezal y las bases de los apoyos). Ver Figura 16.
- b) **Marco**, es un marco hecho por columnas por debajo de la superestructura. Ver Figura 17.
- c) **Columna sencilla**, sucede cuando se sustituye el pilar por una columna.
- d) **Columna múltiple**, sucede lo mismo que en la columna sencilla, pero hay más de una columna.



Figura 16. Pila de muro. Fuente: Capurro F, en línea (1909).



Figura 17. Pila de marco. Fuente: CMN, en línea (2016).

Bastiones o estribos

Estos elementos sirven de apoyo en los extremos del puente, absorben el empuje provocado por el relleno de aproximación y pueden estar contruidos de acero, madera o mampostería, las partes principales de un bastión son:

- Aletones, son paredes laterales que confinan al material de relleno detrás del bastión.
- Viga cabezal, es la parte superior de un bastión sobre el cual se apoya el extremo de un tramo de la superestructura.
- Cuerpo principal, es el componente principal del bastión, puede ser tipo pared o marco rígido.
- Fundaciones, son los cimientos y todos sus componentes (la base del cuerpo principal y el suelo o roca soportante).

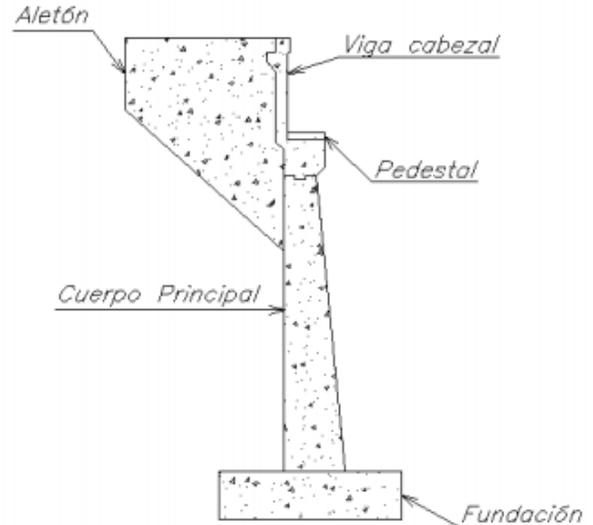


Figura 18. Partes de un bastión. Fuente: MOPT (2007).

Se tienen algunos tipos de bastiones según el MOPT en el Manual de Inspección de Puentes (2007):

- a) **Tipo gravedad**, su función tiene éxito debido a su peso, por lo que es construido comúnmente en mampostería o en concreto ciclópeo.
- b) **Tipo voladizo**, es un muro que actúa como una viga en voladizo, soporta la presión de empuje del suelo gracias a que la cimentación hace un efecto de contra peso con el suelo que está sobre ella.
- c) **Tipo marco**, presenta una serie de columnas que se unen por la viga cabezal.
- d) **Tipo contrafuerte**, según Rojas (2018) este tipo de bastión se usa cuando se necesita cubrir grandes alturas y consiste en una estructura de un muro y una fundación unidos mediante losas verticales perpendiculares al plano del muro.
- e) **Tierra armada**, corresponde a un mecanismo que estabiliza el suelo de forma mecánica y se compone de un muro construido por capas con bloques modulares que por lo general no tiene acero de refuerzo.

Accesos de aproximación

Estos son los rellenos con sus respectivas protecciones, así como la losa de aproximación

(cuando existe) según la Dirección de Puentes del Ministerio de Obras Públicas y Transportes (2007).

Los accesos de aproximación deben estar a nivel con el tablero (losa), para evitar daños en la estructura a causa de las cargas debido al impacto.



Figura 19. Relleno de aproximación. Fuente: MOPT (2007).

Accesorios

Estos componentes no presentan una función estructural, sin embargo, aportan un buen funcionamiento del puente, estos son: superficie de rodamiento, barandas, señalización, drenajes, juntas de expansión, etc.

Superficie de rodamiento

Es una capa de pavimento rígido o flexible que se coloca sobre la superficie superior del puente y sus accesos, según la Dirección general de caminos y ferrocarriles del Ministerio de Transportes y Comunicaciones República del Perú (2006) puede tener un espesor de 2.54 cm a 5 cm, además cuenta con una pendiente transversal para el recorrido del agua.

Esta capa protege la superficie superior del puente de la abrasión producida por el tráfico, además esta capa se ve afectada por las condiciones ambientales y el periodo de diseño de la estructura.

Barandas

Se les conoce también como sistemas de contención vehicular, están hechas de concreto, acero, madera o una combinación de esos

materiales, las barandas retienen y redireccionan a los conductores o personas que se aproximan al puente. Protegen a los vehículos que se salen del puente por razones accidentales, por esta razón deben ser lo suficientemente rígidas.

Según AASHTO (2010) las barandas se deben diseñar según el tránsito promedio diario, el porcentaje de vehículos pesados y la velocidad máxima de circulación.



Figura 20. Baranda de un puente. Fuente: Revista Vial, en línea (2016).

Juntas de expansión

Estos dispositivos dividen secciones de la superestructura, se instalan en los extremos de esta, permiten la traslación, expansión y rotación de la superestructura que se ve afectada por un sismo o por cambios en la temperatura.

Entre otras funciones, favorece la continuidad de la capa de rodamiento, dando un mayor confort al usuario, contribuye a la evacuación de aguas, por esta razón debe ser impermeable, además permite que el puente pueda tener movimientos sin dañar los elementos estructurales.

En Costa Rica se tiene las siguientes juntas más utilizadas:

- a) **Juntas abiertas**, tiene una abertura libre menor a 12.7 mm (1/2" in) puede ser entre losa y losa, entre losa y bastión, entre losa y losa de aproximación. Normalmente tiene angulares de acero para prevenir el desprendimiento del concreto en los bordes externos. Al permitir el paso del agua se deben hacer constantes reparaciones.
- b) **Juntas selladas**, estas pueden ser rellenas o con sello comprimido de

neopreno, el primer caso son juntas menos costosas, pero presentan mayor deterioro en los bordes extremos debido a la entrada de agua y el sello sufre desgaste por el tránsito de vehículos, las juntas selladas rellenas pueden soportar hasta 38.1 mm de desplazamiento. El segundo tipo soporta desplazamientos de 12.7 mm a 63.5 mm, la elasticidad del material del sello permite la impermeabilidad de la junta y permite el movimiento de la losa.

- c) **Juntas de placas de acero deslizante**, es una placa de acero anclada a uno de los extremos de la abertura que se desliza. Permite el movimiento de la superestructura. Aplica para puentes que tienen desplazamientos mayores a 101 mm (4" in).
- d) **Juntas de placas dentadas**, está compuesta por dos placas de acero en forma de dientes entrelazados, dejando un área libre entre sí para admitir movimientos. Se utiliza en puentes con desplazamientos de máximo 610 mm (24").

Daños en puentes

En el Manual de Inspección de Puentes del MOPT, se especifican 83 daños que pueden existir en los elementos de un puente. Se realiza una recopilación de los daños, donde se muestra una clasificación de componentes y subcomponentes de un puente con sus respectivos daños.

Superestructura

Daños en la losa

- Grietas en una dirección
- Grietas en dos direcciones
- Descascaramiento
- Acero de refuerzo expuesto en la losa de concreto
- Nidos de piedra
- Eflorescencia en la losa de concreto
- Agujeros en la losa de concreto

Daños en la viga principal de acero

- Oxidación
- Corrosión
- Deformación
- Pérdida de pernos
- Grieta en la soldadura o la placa

Daños en el sistema de arriostramiento

- Oxidación
- Corrosión
- Deformación
- Rotura de conexiones
- Rotura de elementos

Daños en la viga principal de concreto

- Grietas en una dirección
- Grietas en dos direcciones
- Descascaramiento
- Acero de refuerzo expuesto
- Nidos de piedra y cavidades
- Eflorescencia

Daños en la viga diafragma de concreto

- Grietas en una dirección
- Grietas en dos direcciones
- Descascaramiento
- Acero de refuerzo expuesto
- Nidos de piedra y cavidades
- Eflorescencia

Daños en la pintura

- Decoloración
- Ampollas
- Descascaramiento

Subestructura

Daños en los apoyos

- Rotura de pernos
- Deformación
- Inclinación
- Desplazamiento

Daños en la viga cabezal y aletones del bastión

- Grietas en una dirección
- Grietas en dos direcciones
- Descascaramiento
- Acero de refuerzo expuesto
- Nidos de piedra
- Eflorescencia
- Protección del talud

Daños en el cuerpo principal del bastión

- Grietas en una dirección
- Grietas en dos direcciones
- Descascaramiento
- Acero de refuerzo expuesto
- Nidos de piedra
- Eflorescencia
- Pérdida del talud de protección en frente del bastión
- Inclinación
- Socavación en la fundación

Daños en el martillo de la pila

- Grietas en una dirección
- Grietas en dos direcciones
- Descascaramiento
- Acero de refuerzo expuesto
- Nidos de piedra
- Eflorescencia

Daños en el cuerpo principal

- Grietas en una dirección
- Grietas en dos direcciones
- Descascaramiento
- Acero de refuerzo expuesto
- Nidos de piedra
- Eflorescencia
- Inclinación
- Socavación en la fundación

Accesorios

Daños en el pavimento

- Ondulaciones
- Surcos
- Grietas
- Baches en el pavimento
- Sobrecapas de pavimento

Daños en las barandas

- Deformación (baranda de acero)
- Oxidación (baranda de acero)
- Corrosión (baranda de acero)
- Faltante o ausencia (baranda de acero o concreto)
- Agrietamiento (baranda de concreto)
- Acero de refuerzo expuesto (barandas de concreto)

Daños en las juntas de expansión

- Sonidos extraños
- Filtraciones de agua
- Faltante o deformación
- Movimiento vertical
- Juntas obstruidas
- Acero de refuerzo expuesto

Según Winiker (2019) a pesar de que existen 83 daños en el Manual de Inspección de Puentes del MOPT, hay solamente 43 daños diferentes. Esto se da porque hay elementos que pueden tener los mismos daños, por ejemplo, una viga principal de concreto y una viga diafragma comparten los mismos daños.

A partir del trabajo realizado por el grupo de investigadores de eBridge y el PEEP del TEC se determinaron los daños más comunes presentes en el inventario nacional, los cuales se enumeran a continuación:

1. Acero de refuerzo expuesto
2. Eflorescencia
3. Nidos de piedra
4. Descascaramiento del concreto
5. Juntas obstruidas
6. Corrosión
7. Oxidación

8. Filtraciones de agua en juntas de expansión
9. Grietas en una dirección
10. Sobrecapas de pavimento
11. Socavación en el bastión
12. Faltante o ausencia en barandas
13. Oxidación en sistemas de arriostramiento
14. Deformación en baranda y viga principal de acero
15. Agrietamiento de la baranda de concreto
16. Descascaramiento de la pintura

Intervención

Los puentes son los componentes más costosos de la infraestructura vial, por lo que contar con un programa de conservación de puentes es indispensable para cualquier municipalidad, en especial porque en Costa Rica la mayoría de los puentes existentes tienen más de 30 años y la inversión en mantenimiento ha sido la mínima.

Según estudios realizados por el Programa de Evaluación de Estructuras de Puentes (PEEP) del TEC, gran cantidad de estos problemas son producto de la falta de un plan de monitoreo y mantenimiento continuo de las estructuras.

El propósito de un plan o programa para la conservación vial es extender la vida útil del puente, y conocer el momento exacto para actuar en una fase leve, y no esperar a que los daños sean mayores. Por esta razón, contar con un inventario y una metodología de mantenimiento e intervención de puentes es una medida de control de gastos para el estado.

“La preservación o conservación de los puentes se da mediante acciones o estrategias para prevenir, retrasar o reducir el deterioro en los elementos de los puentes, restaurar la función de los puentes existentes, mantener los puentes en buenas condiciones y extender su vida de servicio.” (Federal Highway Administration, 2018). Se definen los siguientes conceptos importantes, según la Administración Federal de Carreteras de los Estados Unidos y el CONAVI:

- a) **Mantenimiento**, es el trabajo que se debe llevar a cabo para mantener la condición de las vías, o se entiende también como el trabajo para restaurar las condiciones de servicio.
- b) **Mantenimiento preventivo**, es una logística organizada para preservar el

sistema de puentes, retardar su deterioro y mantenerlos en buen estado de servicio, extender su vida útil y no hacer gastos excesivos de reconstrucción, o no hacerlos del todo.

Federal Highway Administration (2018) recomienda llevar a cabo actividades cíclicas para el mantenimiento preventivo, entre ellas están: limpiar o lavar el puente (cada 1-2 años), sellar las grietas en el concreto (cada 3-5 años), sellar las grietas de la losa (cada 3-5 años), colocar una sobrecapa polimérica (cada 8-12 años), colocar una sobrecapa de asfalto (cada 12-15 años).

- c) **Mantenimiento no programado**, según Japan International Cooperation Agency (JICA) (2018) es el tipo de mantenimiento que se da en caso de que el puente sufra daños causados por desastres naturales, como inundaciones, terremotos, tormentas, etc.
- d) **Mejoramiento**, son modificaciones horizontales o verticales de caminos, con respecto al ancho, al alineamiento, la curvatura, la pendiente, entre otros, con el propósito de incrementar la capacidad de la vía y la velocidad de circulación. Algunos trabajos de mejoramiento son la ampliación de la calzada, la elevación del tipo de superficie, implementación de alcantarillas, etc.
- e) **Mejoramientos puntuales**, corresponde a mejoras localizadas en horizontal o vertical, con respecto al ancho, al alineamiento, la curvatura, la pendiente, entre otros, con el propósito de aumentar la seguridad vial. Por ejemplo: construcción de bahías para las paradas de los buses, el mejoramiento de cruces, ampliación de la calzada en carril de giro, etc.
- f) **Rehabilitación**, consiste en actividades complejas para la restauración de la integridad estructural de un puente o para mejorar la seguridad de este. Algunas actividades son: reemplazo de la superestructura, reemplazo total o parcial del sistema de piso, reforzamientos, etc.
- g) **Reconstrucción**, es la “renovación completa de la estructura del camino, con previa demolición parcial o total

de la estructura del pavimento o las estructuras del puente” (Ley No. 7798 (1998).

- h) **Reemplazo**, según (White, Minor, & Derucher, 1992) se refiere a la demolición y reconstrucción de la estructura de paso, por lo que no es una actividad de conservación, ya que implica una obra nueva.

Se tienen normas técnicas de intervención y mantenimiento nacionales e internacionales, se mencionarán a continuación.

Normas Técnicas de intervención de puentes

Una norma técnica es un documento aprobado por un organismo reconocido, este organismo establece especificaciones técnicas basadas en los resultados del desarrollo tecnológico y la experiencia que se deben respetar en determinados productos, procesos o servicios. A las normas técnicas también se les conoce como manuales de especificaciones técnicas.

En Costa Rica existe el Manual de Inspección de Puentes del MOPT, mencionado anteriormente. Se cuenta también con la Norma Técnica para el Desarrollo y la Conservación de la Red Vial Cantonal N° 40139-MOPT creada con el fin de tener un mayor orden en la red vial cantonal. Se tiene también, el Manual de Puentes y Alcantarillas de Costa Rica, este manual busca la sistematización y uniformidad de criterios relacionados a puentes.

Se cuenta también con el Manual de Especificaciones generales para construcción de carreteras, caminos y puentes CR-2010 y el Manual de especificaciones generales para la conservación de carreteras, caminos y puentes MCV2015, los cuales, fueron emitidos oficialmente por el Ministerio de Obras Públicas y transportes (MOPT) y fueron desarrollados en su contenido inicial por el LanammeUCR.

En cuanto a normas internacionales se tienen las siguientes:

- Manual for Bridge Maintenance de la AASHTO, manual estadounidense, creado en 1976.
- Bridge Maintenance and Management del AASHTO Maintenance Manual for Roadways and Bridges, es un manual estadounidense creado en el 2007.

- Bridge Preservation Guide de Federal Highway Administration, es un manual estadounidense creado por el Departamento de Transportes de los Estados Unidos, busca la preservación de los puentes en dicho país, mediante prácticas de mantenimiento continuo, así como programas nacionales y regionales de preservación y mantenimiento.
- Manual para la Inspección visual de Puentes y Pontones, creado en el 2003 por la Universidad Nacional de Colombia y por el Ministerio de Transporte de la República de Colombia, este manual pretende dar recomendaciones para los inspectores de puentes y que puedan llevar a cabo el inventario de daños de las estructuras de puentes.
- Manual de Carreteras del Paraguay, Normas para estructuras y Puentes, creada por el Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones de Paraguay en el 2011, en este manual se establecen las especificaciones y normas para el diseño, construcción, mantenimiento y fiscalización de las obras viales.
- Manual centroamericano de mantenimiento de carreteras de la Secretaría de Integración Económica Centroamericana (SIECA), creado en el año 2000, es el resultado del Consejo Sectorial de Ministros de Transporte de Centroamérica COMITRAN.
- Manual para inspección y conservación de Puentes de la Secretaría de Comunicaciones y Transporte del Gobierno de México, este es un manual basado en el manual de la AASHTO.
- Manual de Carreteras – Conservación Vial, del Ministerio de Transportes y Comunicaciones a través de la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles de Perú, creada en el 2013, este manual contiene las normas, guías y procedimientos para la gestión del conjunto de actividades técnicas de naturaleza rutinaria y periódica que se ejecuta para que las vías se conserven en niveles de servicio adecuados, tanto a las fases de mantenimiento rutinario como a las de mantenimiento periódico.
- Bridge Inspection and Maintenance Manual of New Zealand, este manual

creado en el 2001 en Nueva Zelanda tiene el fin de recomendar técnicas de inspección y mantenimiento periódico para los puentes de dicho país, este manual en comparación con muchos otros busca implementar la tecnología en la inspección.

- EIRSPAN Bridge Management System Routine Maintenance Manual of Ireland, realizado por Transporte e Infraestructura de Irlanda (TII) en el año 2017, contiene una rutina de mantenimiento manual de puentes debido al alto deterioro que presentan algunos puentes en el país.
- Manual de Recuperação de Pontes e Viadutos Rodoviários de Brasil, creado por el Departamento Nacional de Infraestructura de Transportes y el Instituto de Investigación Vial en el 2010. El Manual de recuperación de puentes y viaductos de carreteras tiene como objetivo enumerar las principales patologías de puentes y viaductos viales de hormigón armado, convencionales o pretensados, identificándolos e indicando acciones preventivas y de tratamiento.

Costos de intervención

Conocer el costo o presupuesto de un objeto, un proceso o un producto es importante para cualquier institución o empresa. La administración de una municipalidad debe conocer detalladamente los gastos que implica el mantenimiento de la red vial y de puentes del cantón, ya que es una manera de procurar la correcta acción del mantenimiento, y por consiguiente esto evita una inversión mayor como el remplazo de partes o la totalidad del puente que se debe hacer por falta de mantenimiento o en caso de daños por causas ambientales.

Determinar correctamente los costos unitarios de actividades de intervención permite tener mayor control en los fondos económicos de la municipalidad, evitar el desperdicio y poder utilizar ese dinero en otras actividades. Es por esta razón que se deben considerar los siguientes aspectos

en el cálculo de costos en cualquier obra constructiva:

- Costos unitarios, es recomendable mantener una fuente de datos de proveedores actualizada, con los precios reales y con los impuestos incluidos, estos precios deben ser corroborados y ajustados a las necesidades reales del proyecto a implementar.
- Cantidad de trabajo, se debe tener la cantidad exacta por metro cuadrado, metro lineal, metro cúbico o según corresponda para cada actividad.
- Costo de mano de obra, equipo y subcontratos, siempre deben estar contemplados para cada actividad. Considerando que el costo de la mano de obra difiere en las diferentes zonas del cantón o país, por lo que es importante ajustar el proyecto según este aspecto también.
- Costo por actividad y subactividades, se deben presupuestar las actividades y subactividades que involucren materiales, mano de obra, subcontratos, etc., y posterior a esto se obtiene el costo total sumando los costos de las actividades.
- Localización de la zona, en cuanto a los materiales, aquellos proyectos cuya localización se aleja de la fuente de materiales, regularmente tienen incrementos asociados a la disponibilidad del producto y transporte, con lo anterior, se debe considerar en los precios el sobrecosto que representa el transporte de los materiales a zonas de difícil acceso.
- Costos de administración, imprevistos y utilidades, deben contemplarse de manera porcentual, en caso del área pública como en el caso de la Municipalidad estos aspectos pueden variar.
- Aumento anual, se debe considerar un porcentaje para el aumento anual en los costos según el Índice de precios al consumidor (IPC).

Una municipalidad debe contar con un presupuesto para la red de puentes del cantón que se puede clasificar de siguiente manera:

1. Presupuesto para el mantenimiento preventivo o de preservación.
2. Presupuesto para la rehabilitación.

3. Presupuesto para el reemplazo.

En muchos casos la municipalidad no cuenta con un presupuesto planificado para la red de puentes, en especial porque muchos no conocen el inventario de esta red.

El presupuesto asignado para el mantenimiento debe ser con base en un inventario actualizado, sin embargo, según Castillo (2013) muchas municipalidades no cuentan con una gestión de puentes y es por esta razón que muchos puentes han tenido poco o nulo mantenimiento.

El costo de mantenimiento de un puente que nunca ha tenido mantenimiento es considerablemente mayor que el costo de mantenimiento de un puente que ha tenido mantenimiento periódico.

Por último, se debe conocer la realidad económica de la municipalidad, es decir, conocer el presupuesto dado por el Estado para la conservación vial y cuál porcentaje del presupuesto está dispuesta la Unidad de Gestión Vial Cantonal a asignar para el mantenimiento de puentes. Además, se debe de analizar la relación de costo-beneficio de intervenir en un puente o reemplazarlo.

Metodología

Inicialmente para cumplir con el objetivo uno se solicitó el inventario de puentes al Programa de Evaluación de Estructuras de Puentes (PEEP), el cual brindó los informes realizados por cada puente del cantón, posterior a esto se analizaron estos informes y con la herramienta de Microsoft Excel se crearon tablas con el resumen de la información principal, se anotaron las características físicas y estructurales del puente, ubicación, códigos y nombre del puente, daños encontrados, y el estado de deterioro del puente según la calificación del SAEP. Se realizó un listado en forma de resumen a partir de la información procesada y se categorizaron los puentes a partir de su material, tipo de viga y tipo de superestructura. Con esta categorización, también se clasificaron los puentes por su material y tipo de viga, para relacionar estas dos características de las estructuras, con las cuales se general gráficos y cuadro con los resultados mencionados. Todo esto sintetiza la información recabada por el PEEP y permite visualizar la tipología de los puentes para futuras acciones.

A solicitud de la Municipalidad de El Guarco, se ideó un puente modelo o un puente típico que reuniría las principales características de los puentes de la red vial, lo que serviría para futuras estimaciones de costos por parte de la Municipalidad a lo largo de los 5 años de vigencia del Plan de Conservación Vial Cantonal. Para ello, el puente modelo tendría el material, tipo de viga y tipo de superestructura más común en la red. Además de esto, el puente típico tendría los principales daños que se encuentran presentes en el inventario, los que más se repiten y con una calificación alta en toda la red cantonal. El Manual de Inspección de Puentes del MOPT categoriza los daños de grados de 4 a 5 como deterioros que se deben intervenir con métodos más complejos y costosos, y que pueden ser causa para desarrollar patologías en otras partes del puente, se decidió tomar en cuenta los daños que presentan estos grados. A partir del conteo, se seleccionaron los doce daños de grado 4 y 5 que se repetían con

mayor frecuencia, pero luego se convirtieron en once ya que se tomó que las grietas en una y dos direcciones se podrían reparar por medio de los mismos métodos y para efectos prácticos del proyecto, por lo que el número de daños pasó a ser once, en vez de doce. También, se hizo un conteo de puentes con daños de grados 4 y 5 y con una cantidad de daños de estos grados inferior a 3, para saber a cuantas estructuras se les podría aplicar actividades de mantenimiento preventivo o correctivo. Como parte de los resultados del objetivo uno, se elaboraron cuadros para once daños, con actividades de intervención y sus indicaciones de cómo llevarlo a cabo, los códigos de los puentes de la red cantonal que presentan estos daños en cualquier parte de la estructura, normas que se deben de cumplir para las actividades y fotografías ilustrativas. Cabe destacar que un puente típico sólo es para estimaciones y sirve para incluir los daños más relevantes en una sola estructura, pero si en la realidad un puente presenta varios daños mayores a 3, se debe considerar otro tipo de intervención mayor que un mantenimiento correctivo

Para desarrollar el objetivo dos, se escogieron actividades planteadas por Thomas Winiker en su Manual para el mantenimiento de puentes en Costa Rica ya que es un documento que será de uso oficial por MOPT y las municipalidades del país y se definieron según los daños presentes en la red de puentes del cantón. Además, se escogió como puente típico una estructura hecha de concreto reforzado de viga tipo losa. A pesar de que hay más puentes de acero de viga I en la red vial cantonal (9 puentes de acero de viga I y 6 de concreto de viga tipo losa) la decisión se basó en tres aspectos. El primero es que los puentes de viga tipo losa son más numerosos en comparación con casi todos los tipos de puente existentes. El segundo aspecto es que son fáciles de construir, poco costosos y con una longitud corta, lo que hace que, si se llegara a necesitar una intervención mayor a mantenimiento correctivo, es posible que la Municipalidad opte

por construir un puente con estas características. El tercer aspecto es que, a diferencia de los puentes de viga de acero, estos pueden presentar los daños anteriormente escogidos en su viga principal (en la losa) por lo que podría ser más esencial calcular los costos de intervención de un puente que posea todos los daños en su estructura principal. Es posible que este último aspecto haga sobresalir el puente tipo viga losa sobre el de acero viga I, ya que es conveniente hacer estimaciones de inversión en mantenimiento en un puente que posea la mayoría de los daños presentes en los puentes del cantón.

Para el objetivo tres se buscó en sitios web, consulta a profesionales de la Municipalidad y el PEEP, y en la biblioteca del TEC (tanto física como digital) sobre normas, manuales y planes de intervención nacionales e internacionales, consultado los documentos del MOPT y CONAVI, así como las referencias de la AASHTO. Se obtuvo de estos manuales todos los criterios sobre la inspección, evaluación, mantenimiento e intervención de puentes. En cuanto a la búsqueda internacional, se encontraron manuales para la logística de inspección, evaluación y mantenimiento de puentes, esto se halló en países como Colombia, El Salvador, Brasil, Estados Unidos (siendo este elaborado por la AASTHO), México, Nueva Zelanda, España y Perú, también se consultó la tesis de licenciatura del estudiante Thomas Winiker Pérez (2019) en el cual propone un Manual para el Mantenimiento de Puentes en Costa Rica, en esa tesis se encontraron algunas fuentes de información. A los cuadros elaborados para el cumplimiento del objetivo dos, se le añadieron las normas y especificaciones encontradas aplicables para las actividades de intervención según el daño.

Para el cumplimiento del objetivo cuatro se utilizaron datos que tiene la Municipalidad en cuanto a actividades de intervención de caminos que pueden ser aplicables para puentes. Otros datos fueron facilitados por el SICOP, en ofertas que no correspondían exactamente en mantenimiento de puentes, pero sí de construcción, reemplazo o reconstrucción de puentes. Una parte de los costos se determinaron mediante cotizaciones de actividades terminadas, sin embargo, la mayor parte fueron determinados mediante la recopilación de los diferentes costos que intervienen en una subactividad. Estas subactividades requirieron de un cálculo de materiales, de la mano de obra y del equipo

mediante rendimientos, definiendo unidades de medida según el CR-2010 (unidades, kilogramos, metros lineales, metros cuadrados o metros cúbicos), así como el costo de los imprevistos. La suma de todos estos ítems resultaron ser el precio unitario de la subactividad, la suma del costo de las subactividades dio como resultado el costo unitario de la obra de la actividad (costos directos sin tomar en cuenta los insumos). Este costo fue solicitado por la Municipalidad, consiste en tomar en cuenta solamente los aspectos mencionados anteriormente (equipo, materiales, mano de obra e imprevistos) y tiene la función de poder determinar parte de lo que debería invertir la Municipalidad si utiliza sus recursos para desarrollar las actividades de intervención. Es de utilidad si se completa con los datos del costo indirecto de la obra o gastos administrativos que la Municipalidad posee. Además, sirve para compararlo contra ofertas de empresas privadas hechas en licitaciones, si las obras fueran subcontratadas, de esta forma se podrá comparar si es más económico que la Municipalidad realice las intervenciones o si es más viable que las subcontrate.

Para poder determinar el costo unitario total de la actividad de intervención, se incluye gastos indirectos (8.5% de salarios de personal administrativo, 2.5% de gastos administrativos por insumos de oficina, y 10% utilidad) y otros costos además de estos como por ejemplo los insumos de la obra que incluye el transporte. Estos porcentajes se consideraron de esta forma al realizar una revisión de las ofertas del SICOP de trabajos en puentes. Se encontró que los porcentajes de gastos administrativos rondaban entre un 7% y un 12% de los gastos directos, y que el porcentaje de utilidad estaba en un rango de 4% y 11%. Al considerar que dependen de la empresa que participaba en las licitaciones, se establecieron estos porcentajes arbitrariamente ya que se encuentra entre estos rangos. No se consideró un porcentaje de desperdicio (se determinaron los costos a partir de rendimientos teóricos) por la falta de mediciones de campo, como se menciona en el apartado de limitaciones de este documento, y que, de utilizarlo, podría estar lejos de la realidad. El gasto por cargas sociales no se consideró explícitamente en los cálculos realizados, ya que en la mayoría de ofertas de licitaciones del SICOP no lo indican como un rubro, más bien es parte del gasto por salarios del personal o mano de obra. Este costo de la actividad total propuesto tiene como función

principal poder compararse con una oferta real de una empresa en una licitación, tratando de simular futuras ofertas, con la estructura de un renglón de pago. De esta forma, el gobierno local tiene un punto de referencia para analizar licitaciones y poder estimar costos en su presupuesto, si la actividad se va a llevar a cabo por medio de una contratación externa.

Mediante fichas técnicas, se determinaron las cantidades de material y tiempo de uso del equipo que requiere cada actividad. Para estos materiales, se calculó en Porcentaje Requerido para cada metro cuadrado con la Ecuación 1. Es con este porcentaje que se realiza el cálculo en los renglones de pago que se encuentran en los apéndices, con las presentaciones que ofrece el mercado, y se realiza de esta forma para mayor comprensión.

$$\% \text{ Requerido} = \frac{\text{Rendimiento}}{\text{Cantidad por envase}^2}$$

Ecuación 1. Porcentaje requerido por envase de materiales.
Fuente: Elaboración propia.

Así, por ejemplo, si la resina epóxica se vende en presentaciones de 1,8 litros con un precio de ¢37 855, se puede multiplicar el precio, por el contenido del envase por la Ecuación 1, que para obtener el costo por metro cuadrado. El resultado es 11,11%, lo que significa que se necesita un 11,11% del envase de 1,8 litros para un metro cuadrado. Que es lo mismo que calcular el costo de resina por metro cuadrado con el costo por litro del producto por su rendimiento. A continuación, se muestra un ejemplo:

$$\% \text{ Requerido} = \frac{0,36 \text{ l/m}^2}{1,8 \text{ l}^2} = 11,11\%$$

$$\text{Costo de resina epóxica por metro cuadrado} = \text{¢}37\ 855 * 1,8 \text{ litros} * 11,11\% = \text{¢}7\ 571/\text{m}^2$$

Los recursos que no poseían tales fichas técnicas, se requirió la consulta de dos maestros de obra (cuyas identidades solicitaron no ser rebeladas) con experiencia en construcción y reparación de caminos. En los anexos se pueden ver los cuadros de rendimientos de equipos y materiales utilizados para el cálculo.

En caso de los materiales con los que no se contaba con las fichas técnicas como por ejemplo la lija (para trabajos manuales), se utilizó

la referencia dada por los maestros de obra, los cuales indicaban la cantidad aproximada que se utilizaba en un metro cuadrado de daño (según el daño específico) y esta cantidad se multiplica por el costo según la unidad de ese material.

A continuación, se muestra el procedimiento para calcular el costo unitario de la obra (costos directos) de cada actividad. En el apartado de apéndices se encuentra un ejemplo de cálculo del costo total de una actividad. Se utilizó, en primer lugar, la Ecuación 2 para determinar el costo de los diferentes materiales, equipo y mano de obra:

$$A, B, C = \text{redimiento} \times \text{costo unitario}/\text{m}^2$$

Ecuación 2. Costo de materiales, equipo y mano de obra.
Fuente: Elaboración propia.

Donde,

A: Costo de materiales

B: Costo de equipo

C: Costo de mano de obra

Una vez determinado el costo de los materiales, equipo y mano de obra, se incluye el costo de los imprevistos como se muestran en la Ecuación 3 para el costo de la tarea. Los imprevistos es un porcentaje de la sumatoria de los factores anteriormente mencionados.

$$\text{Costo tarea} = (A + B + C) + I$$

Ecuación 3. Costo de una tarea.
Fuente: Elaboración propia.

Donde,

I: Porcentaje de Imprevistos

De esta manera, se llega a conocer el costo de una serie de tareas que posteriormente se toman para calcular el costo de la subactividad como se muestra en la Ecuación 4.

$$\text{Costo subactividad} = \sum \text{costo tareas}$$

Ecuación 4. Costo de subactividad.
Fuente: Elaboración propia.

Por último, con el costo del conjunto de subactividades que conforman una actividad, se procede a utilizar la Ecuación 5 para poder obtener el costo unitario de la actividad o renglón de pago.

$$\text{Costo actividad} = \sum \text{costo subactividades}$$

Ecuación 5. Costo de actividad.
Fuente: Elaboración propia.

Se muestra a continuación un ejemplo del cálculo del costo para la tarea de aplicación de chorro de arena en una sección de un puente con daño de nidos de piedra con los siguientes datos:

- Costo de arena coridón blanco por kilogramo de peso: ₡932,00/kg
- Cantidad de corindón por cada metro cuadrado: 1,20 kg/m²
- Rendimiento de arenadora: 50 m²/h (0,050 h/m²)
- Costo del uso de arenadora: ₡23700,00/día
- Salario del operario: ₡2000/h
- Rendimiento de operario en reparación de concreto: 0,125 HH/m²

Se inicia con el cálculo del costo de los materiales, equipo y mano de obra.

$$A = 1,20 \times 932 = ₡1\,118,40/m^2$$

$$B = 0,050 \times 23700 = ₡1185,00/m^2$$

$$C = 0,125 \times 2000 = ₡250,00/m^2$$

Se calcula el costo total de la tarea sumando los resultados obtenidos

$$\text{Costo tarea} = (₡1\,118,40 + ₡1185,00 + ₡250,00) \times 1,05 = ₡2\,553,40$$

De una manera que se puedan contemplar inconvenientes, sobrecostos, accidentes, problemas en el proceso constructivo o de reparación, se incluyó en el cálculo de los costos un porcentaje de imprevistos. Corresponde a un porcentaje que se le aplica a la sumatoria de los costos de equipo, materiales y mano de obra. Este porcentaje, que ronda entre un 3 a 15% en el mercado, se contempla en prácticamente todas las construcciones y su magnitud depende del tipo de obra civil, de la experiencia del constructor y de cuan riesgoso puede ser el proceso constructivo. Para este caso se tomó un 5% de imprevistos ya que los métodos no poseen un mayor grado de complejidad, son procesos relativamente rápidos

ya que trata de reparaciones de una obra existente y no de una construcción de obra nueva, por otro lado, se reparan áreas pequeñas en comparación con la construcción de un puente nuevo.

Se escogieron 5 actividades y se realizaron un renglón de pago completo por cada una, con objetivo que se cuente con el costo total de actividades de intervención y suministrar un ejemplo o referencia a la Municipalidad de lo que debería tomar en cuenta para futuras licitaciones. Se escogió MANTE-03 que es una que trata la eflorescencia, que es el daño que más se repite. Se escogió una de las más baratas de las actividades que es MANTE-08 y las tres más caras, que además tienen características muy parecidas en cuanto a los recursos y procedimientos que requieren, estas son MANTE-06, MANTE-07 y MANTE-09.

Para los insumos, se consideró el transporte y lo que se requiere para el mantenimiento del vehículo (aceite, gasolina, desgaste de las llantas), además el derecho del botadero. Además, los porcentajes de los costos indirectos se tomaron del SICOP, con personal que incluye secretario, asistente administrativo, encargado de vigilancia y contador. Y en cuanto al cálculo de la mano de obra, se utilizaron rendimientos más altos para calcular dichos renglones de pago, suponiendo que la Municipalidad tiene rendimientos más bajos y que la empresa privada son mayores (aunque no se tenga datos que apoyen esto).

Se fijó el colón como moneda principal, y el dólar como moneda secundaria, esto, utilizando un valor fijo de cambio del dólar indicado en los resultados y en el análisis, de manera que se facilite su comprensión. Por último, se crearon costos por cantidad de trabajo, para metros cuadrados, metros lineales y metros cúbicos, según la actividad. Con todo eso se creó una tabla de renglón de pago para los costos calculados, esta es una manera de representar los costos para contrataciones en carreteras.

Resultados

Características de los puentes de la red vial cantonal

A continuación, se presenta el Cuadro 5 con las principales características del inventario de puentes del cantón, en él se muestran once daños con mayor repetición, estos datos son el resultado del análisis e interpretación de los informes facilitados por el PEEP. Además, en los se pueden ver de manera resumida la clasificación de los puentes de la red de El Guarco.

Cuadro 5. Principales características del inventario de puentes de El Guarco.

Código-municipal	Río/quebrada	Distrito	Nombre del lugar	TPD	Longitud del puente (m)	Ancho del puente (m)	Material	Tipo superestructura
3-08-002-01	Río Purires	Tobosi	Tobosi	800	21,80	9,44	Concreto Presforzado	Viga Simple
3-08-003-01	Río Purires	El Tejar	Barancas	396	30,50	7,45	Acero	Viga Simple
3-08-006-01	Río Purires	El Tejar	Hacia Barranca	435	17,28	8,38	Concreto Presforzado	Viga Simple
3-08-010-01	Quebrada Fierro	Tobosi	Tablón/Lastre	18	8,00	3,80	Acero (Chasis de camión)	Viga Simple
3-08-035-02	Quebrada Presa	Tobosi	NP	0	3,97	4,10	Acero	Viga Simple
3-08-035-01	Río Purires	Tobosi	De calle urbana hasta Tablón	798	12,40	3,80	Concreto Presforzado	Viga Simple
3-08-111-01	Quebrada Víbora	Tobosi	Laminilla	165	3,18	4,47	Concreto Reforzado	Viga Simple
3-08-016-01	Río Purires	Tobosi	Tobosi	185	15,40	3,50	Acero	Viga Simple

(Continuación del Cuadro 5)

3-08-018-01	Quebrada Fierro	Tobosi	De calle urbana hasta Tablón	197	5,00	5,66	Concreto Reforzado	Viga Simple
Código-municipal	Río/quebrada	Distrito	Nombre del lugar	TPD	Longitud del puente (m)	Ancho del puente (m)	Material	Tipo superestructura
3-08-018-03	Río Purires	Tobosi	De calle urbana hasta Tablón	197	9,20	3,68	Concreto Reforzado	Viga Simple
3-08-196-01	Río Purires	Tobosi	Tablón	40	11,18	4,06	Acero	Viga Continua
3-08-014-01	Río Macho	San Isidro	Macho Gaff 2	23	14,00	3,87	Acero (Chasis de camión)	Otros
3-08-017-01	Río Purires	San Isidro	Macho Gaff 1	53	10,80	3,70	Madera (Troncos)	Otros
3-08-021-01	Río Macho	San Isidro	La Esperanza	31	7,50	4,80	Concreto Reforzado	Viga Simple
3-08-050-01	Río Empalme	San Isidro	Tajo	81	5,90	4,15	Concreto Reforzado	Viga Simple
3-08-165-01	Quebrada Jiménez	San Isidro	La Luchita	185	8,00	5,90	Concreto Reforzado	Otros
3-08-028-01	Río Estrella	San Isidro	Sin información	70	15,85	3,37	Acero	Viga Simple
3-08-042-01	Río Estrella	San Isidro	Estrella	60	7,25	3,82	Concreto Reforzado	Viga Simple
3-08-046-02	Río Estrella	San Isidro	Río la Estrella	54	8,50	3,85	Acero	Otros
3-08-113-01	Quebrada Lisita	San Isidro	Sin información	33	2,27	3,40	Concreto Reforzado	Viga Simple
3-08-040-01	Quebrada Pedregal	San Isidro	1990-1994-Calderón	311	13,50	5,66	Acero	Viga Simple
3-08-161-01	Quebrada Pedregal	San Isidro	ruta Higuito	70	6,05	6,02	Concreto Presforzado	Viga Simple
3-08-095-01	Río Lobo	San Isidro	ruta Higuito	40	5,30	4,00	Concreto Reforzado	Viga Simple
3-08-153-01	Quebrada Guatuso	San Isidro	ruta Higuito	271	10,50	3,70	Concreto Presforzado	Viga Simple
3-08-070-01	Quebrada Guatuso	San Isidro	ruta Higuito	55	5,46	4,55	Concreto Reforzado	Viga Simple
3-08-139-01	Quebrada Sin Nombre	El Tejar	Agua Caliente	0	6,82	11,13	Concreto Presforzado	Otros
3-08-124-01	Hacienda Vieja	El Tejar	Hacienda	258	29,30	10,35	Concreto Reforzado	Marco Rígido
3-08-150-01	Río Reventado	El Tejar	Santa Gertrudis	345	30,48	4,30	Acero	Viga Continua
3-08-041-01	Río Purires	San Isidro	Purires	55	15,35	4,27	Acero	Viga Simple

(Continuación del Cuadro 5)

Fuente: Elaboración propia, datos extraídos del PEEP.

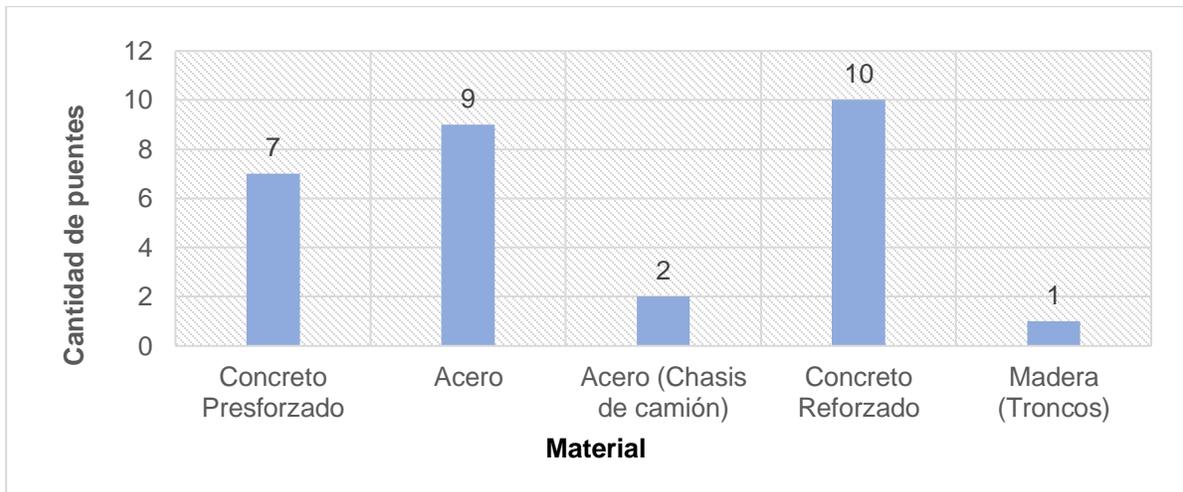


Gráfico 1. Cantidad de puentes según su material. Fuente: Elaboración propia.

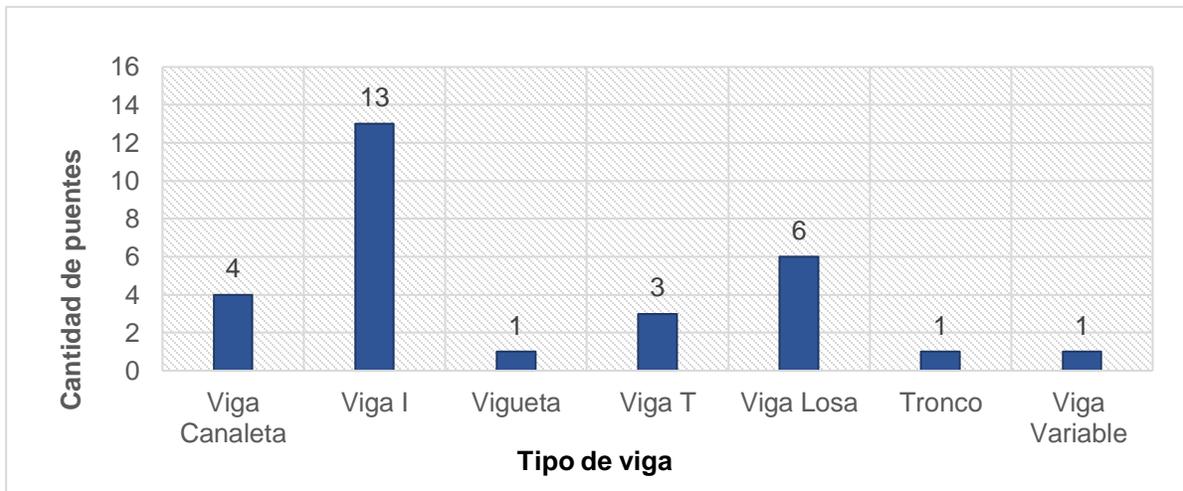


Gráfico 2. Cantidad de puentes según su tipo de viga. Fuente: Elaboración propia.

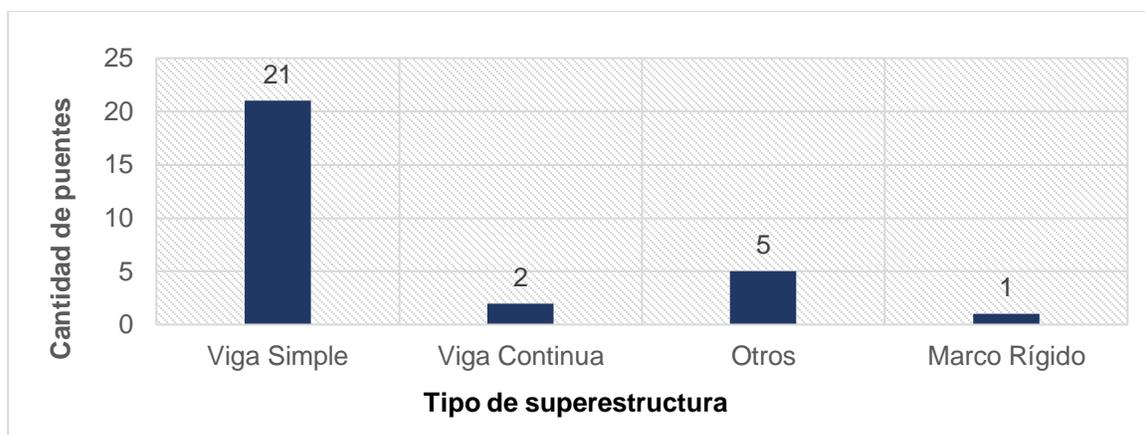


Gráfico 3. Cantidad de puentes según su tipo de superestructura. Fuente: Elaboración propia.

Se muestra a continuación en el Cuadro 6 la cantidad de puentes según el material y tipo de viga, que son características tomadas en cuenta para seleccionar el puente típico, donde se tiene un puente de concreto presforzado con viga tipo

losa, este puente tiene las características físicas y daños que más se repiten, esto será utilizado para determinar el costo de las actividades de intervención.

Cuadro 6. Cantidad de puentes según su material y tipo de viga.

Material y tipo de viga	Cantidad de puentes
Concreto Presforzado - Viga Canaleta	4
Acero - Viga I	9
Concreto Presforzado - Vigueta	1
Concreto Presforzado – Viga T	2
Acero (Chasis de camión) - Viga I	2
Concreto Reforzado - Viga T	1
Concreto Reforzado - Viga Losa	6
Concreto Reforzado - Viga Variable	1
Madera (Troncos) - Tronco	1
Concreto Reforzado - Viga I	2

Fuente: Elaboración propia, datos extraídos del PEEP.

Cuadro 7 los daños con mayor número de repeticiones dentro de la red de puentes de El

Guarco, los daños también se encuentran clasificados por grados.

Cuadro 7. Daños con mayor repetición en el inventario.

Daño	No. Daños de grado 2 y 3	No. Daños de grado 4 y 5
Decoloración de pintura	8	-
Protección del terraplén	6	-
Eflorescencia	53	29
Descascaramiento	36	22

Grietas en 1 Dirección	7	22
Acero de Refuerzo Expuesto	8	19
Juntas Obstruidas	5	19
Filtración de aguas	2	13
Nidos de piedra	33	10
Oxidación	15	10
Socavación	7	9
Grietas en 2 Direcciones	3	8
Deformación	6	8
Corrosión	1	3

Fuente: Elaboración propia, datos extraídos del PEEP.

Se muestran en el Gráfico 4 y en el Gráfico 5 los daños mencionados en el cuadro anterior:

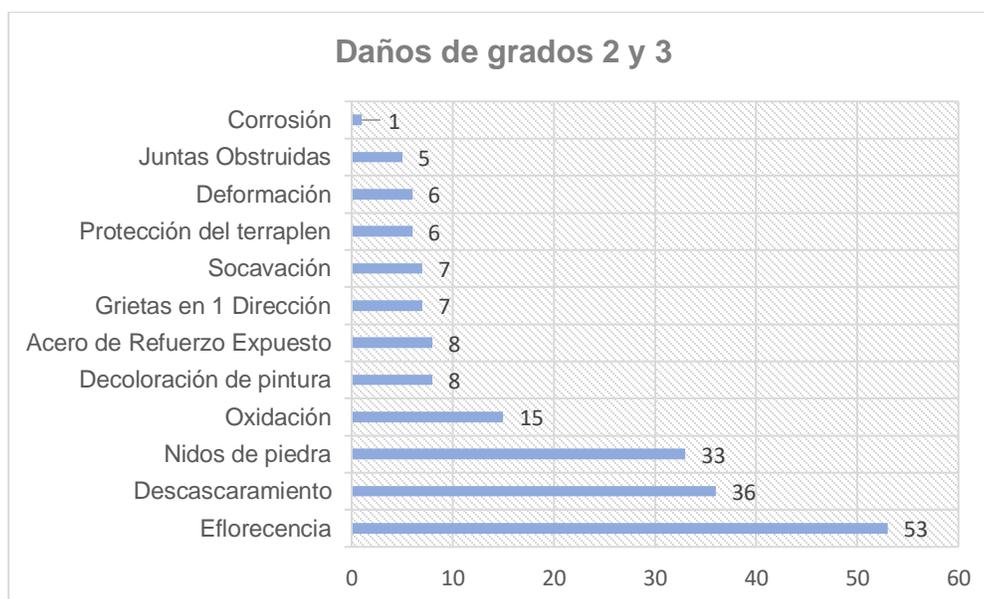


Gráfico 4. Repeticiones de los daños grado 2 y 3 en la red de puentes de El Guarco. Fuente: Elaboración propia.

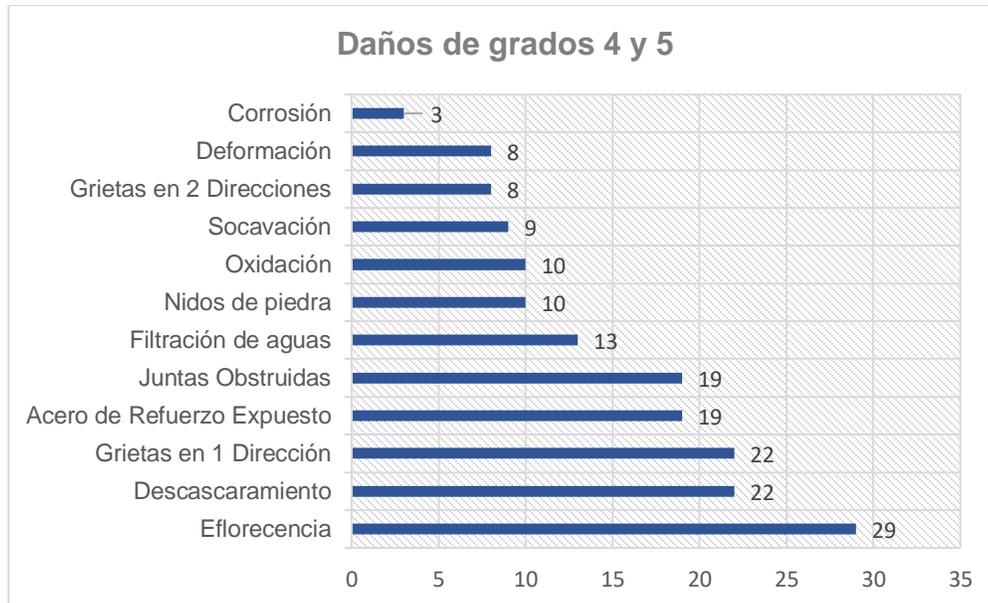


Gráfico 5. Repeticiones de los daños grado 4 y 5 en la red de puentes de El Guarco. Fuente: Elaboración propia.

Daños presentes e intervención respectiva

Se muestran a continuación los cuadros con los daños, acciones para la intervención recomendadas, especificaciones técnicas y los puentes de la red municipal que presentan estos daños (datos brindados por el PEEP). Cabe destacar que los puentes que tienen una cantidad menor a 3 daños de grados 4 y 5 son los siguientes: 3-08-002-01, 3-08-014-01, 3-08-050-01 y 3-08-150-01.

Cuadro 8. Datos para la intervención de puentes con oxidación para puentes con elementos de acero.

Daño: Oxidación
<p>Acciones de intervención:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Eliminación de la oxidación mediante la limpieza con chorro de agua. <p>Según el Manual para el Mantenimiento de Puentes (T. Winiker, 2019) se debe aplicar como mínimo cada 12 años para cualquier grado de oxidación (fuera de condiciones lluviosas).</p>

(Continuación del Cuadro 8)

Indicaciones:

- Limpiar el área de acero (mediante la norma SSPC-SP 12/NACE No 5 con 70 MPa de presión máxima) removiendo suciedad, vegetación, líquidos, entre otros, hasta alcanzar un color mate de la superficie.
- Secar la superficie mediante el equipo de aire a presión.
- Aplicar el inhibidor de óxido.
- Limpiar el área de trabajo.

Especificaciones técnicas:

- MCV-2015: Sección 608 - Reparación de concreto con corrosión en acero de refuerzo de puentes.
- CR-2010: Sección 554 - Acero de refuerzo. Sección 501 - Elaboración del concreto, transporte, colocación, vibrado y curado. Subsección 563.07 - Limpieza de superficie de acero. Subsección 708.05 - Pintura para estructuras de acero.
- Bridge Structure Maintenance and Rehabilitation Repair (Manual de Georgia): Actividad 815.03 - Reparación de barandas.
- ASTM: A615/A615M o ASTM A706/A706M - Acero de refuerzo.
- Steel Structures Painting Council: SSPC-SP 12/NACE No 5 - Limpieza mediante chorro de agua a presión.

Puentes con este daño:

3-08-041-01
3-08-124-01
3-08-095-01
3-08-035-01
3-08-010-01
3-08-035-02
3-08-014-01
3-08-046-02
3-08-040-01

Fotografías de intervención:





Fuente: Elaboración propia, datos facilitados por el PEEP. Fotografías extraídas de Ingeniero Marino y Alibaba respectivamente.

Cuadro 9. Datos para la intervención de puentes con corrosión.

Daño: Corrosión
<p>Acciones de intervención:</p> <ul style="list-style-type: none">• Detención del proceso de corrosión mediante la limpieza y aplicación de pintura anticorrosiva en superficies nuevas o con la totalidad de la pintura existente removida <p>Según el Manual para el Mantenimiento de Puentes (T. Winiker, 2019) se debe aplicar como mínimo cada 12 años para cualquier grado de oxidación o para un grado de corrosión de 4 o menor (con una pérdida de sección menor al 20%) según el Manual de Inspección de Puentes del MOPT. En caso contrario, utilizar sistema de reforzamiento.</p> <p>Indicaciones:</p> <ul style="list-style-type: none">– Limpiar el área de acero (mediante la norma SSPC-SP 10) removiendo suciedad, vegetación, líquidos, entre otros, hasta alcanzar un color blanco de la superficie. Es necesario procurar las especificaciones de materiales para chorro de la subsección 563.07 del CR-2010 con un acabado de anclaje según la norma ASTM D 4417.– Remover restos de suciedad productos de la limpieza con el chorro.– Proteger las superficies adyacentes con lonas si no serán pintadas.– Aplicar la pintura anticorrosiva, de diferente color entre capas y siguiendo las indicaciones del fabricante.– Limpiar el área de trabajo.
<p>Especificaciones técnicas:</p> <ul style="list-style-type: none">• MCV-2015: Sección 603 - Reparación parcial o reposición total de barandas de puentes. Sección 605 - Limpieza de superficies de puentes de concreto o acero con agua a presión. Sección 608 - Reparación de concreto con corrosión en acero de refuerzo de puentes. Sección 611 - Reparación de la superficie de desgaste de concreto hidráulico en puentes. Sección 613 - Preparación y protección de superficies de puentes.• CR-2010: Sección 554 - Acero de refuerzo. Sección 501 - Elaboración del concreto, transporte, colocación, vibrado y curado. Subsección 563.07 - Limpieza de superficie de acero. Subsección 708.05 - Pintura para estructuras de acero.

(Continuación del Cuadro 9)

- Bridge Structure Maintenance and Rehabilitation Repair (Manual de Georgia): Actividad 815.03 - Reparación de barandas. Actividad 830.14 - Reparación del bastión. Actividad 830.22 - Reparación de la viga de cubierta de concreto armado.
- ASTM: C 881 - Resina epóxica para mejorar la adherencia entre el concreto fresco y el concreto endurecido. A615/A615M o ASTM A706/A706M - Acero de refuerzo.
- AASTHO: M235 - Uso de resina epóxica.
- Steel Structures Painting Council: SSPC-SP6 - Uso del inhibidor de óxido. SSPC-SP 12/NACE No 5 - Limpieza mediante chorro de agua a presión.

Puentes con este daño:

3-08-041-01
3-08-124-01
3-08-035-01
3-08-010-01
3-08-035-02
3-08-028-01
3-08-042-01

Fotografía de intervención:



Fuente: Elaboración propia, datos facilitados por el PEEP. Fotografía extraída de Servicio Limpieza Industrial.

Cuadro 10. Datos para la intervención de puentes con eflorescencia.

Daño: Eflorescencia

Acciones de intervención:

- Remoción de la eflorescencia mediante método manuales

Según el Manual para el Mantenimiento de Puentes (T. Winiker, 2019) para utilizar este método el daño debe de estar presente en un área pequeña, ya que la productividad en esta actividad es muy baja. Si no es así, si el área es mayor, utilizar otro método. No es necesario mano de obra especializada.

Indicaciones:

- Cepillar o lijar manualmente la superficie de concreto hasta la remoción de la eflorescencia, con ayuda agua si se utiliza la lija. Esto en forma de círculos y con energía.

<ul style="list-style-type: none">• Remoción de la eflorescencia utilizando lijadora electromecánica <p>Según el Manual para el Mantenimiento de Puentes (T. Winiker, 2019) es muy útil para áreas extensas, pero se requiere de un generador eléctrico para esta actividad. El uso de este instrumento se recomienda cuando el grado del daño es mayor a 2 según el Manual de Inspección de Puentes.</p> <p>Indicaciones:</p> <ul style="list-style-type: none">– Mantener la lija paralela a la superficie que se está tratando.– Aplicar hasta remover toda eflorescencia.– Limpiar el polvo del área tratada. <ul style="list-style-type: none">• Remoción de la eflorescencia lavando con soluciones ácidas <p>Según el Manual para el Mantenimiento de Puentes (T. Winiker, 2019) este método se puede llevar a cabo rutinariamente para áreas en donde exista eflorescencia sin acero expuesto.</p> <p>Indicaciones:</p> <ul style="list-style-type: none">– Saturar el concreto con agua limpia.– Preparar la solución de ácido muriático diluido en agua, de acuerdo con las instrucciones del fabricante.– Aplicar solución con algún instrumento hasta que no haya efervescencia.– Lavar con agua limpia la zona.
<p>Especificaciones técnicas:</p> <ul style="list-style-type: none">• CR-2010: Sección 501 - Elaboración del concreto, transporte, colocación, vibrado y curado.• Bridge Structure Maintenance and Rehabilitation Repair (Manual de Georgia).• Steel Structures Painting Council: SSPC-SP 12/NACE No 5 - Limpieza mediante chorro de agua a presión.• Manual para reparación, refuerzo y protección de las estructuras de concreto del IMCYC (1997): Sección 4.1.7 - Cepillado manual. Sección 4.1.5 - Lijado manual. Sección 4.1.6 - Lijado eléctrico. Sección 4.2.4 - Lavado con soluciones ácidas.
<p>Puentes con este daño:</p> <p>3-08-028-01 3-08-042-01 3-08-046-02 3-08-040-01 3-08-018-01 3-08-018-03 3-08-021-01 3-08-113-01 3-08-161-01 3-08-070-01 3-08-124-01 3-08-111-01 3-08-139-01 3-08-041-01 3-08-153-01</p>
<p>Fotografía de intervención:</p>



Fuente: Elaboración propia, datos facilitados por el PEEP. Fotografía extraída de Dr. Concreto.

Cuadro 11. Datos para la intervención de puentes con descascaramiento.

Daño: Descascaramiento
<p>Acciones de intervención:</p> <ul style="list-style-type: none">• Reparación del descascaramiento en losa, bastión, pila, viga principal de concreto o diafragma.
<p>Según el Manual para el Mantenimiento de Puentes (T. Winiker, 2019) este procedimiento debe de ser rutinario. Además, se puede aplicar para daños de grado 4 o menor según el Manual de Inspección de Puentes del MOPT. Para el caso de un grado 5, se procede a utilizar una técnica de reparación de acero expuesto.</p>
<p>Indicaciones:</p> <ul style="list-style-type: none">– Identificar el área dañada golpeando con martillo diferenciando un sonido hueco y sordo (área dañada) y el sonido metálico, agudo y vibrante.– Marcar con una tiza el área que tiene daño. Además, se debe incluir al área 30 cm más desde el límite del área dañada.– Cortar con sierra verticalmente 3 cm de profundidad el perímetro marcado, sin dañar la armadura que se encuentre en esos 3 cm.– Demoler con martillo u otro instrumento,– Remover con aire comprimido para eliminar restos de polvo y escombros.– Aplicar resina epóxica según el fabricante en la superficie de concreto viejo.– Colocar el mortero en el área dañada.– Darle el acabado a la superficie con una llaneta.– Curar el concreto.– Limpiar el área de trabajo.

(Continuación del Cuadro 11)

Especificaciones técnicas:

- MCV-2015: Sección 607 - Reparación superficial de elementos de concreto en puentes.
- CR-2010: Subsección 725.22 - Elaboración de mortero. Sección 501 - Elaboración del concreto, transporte, colocación, vibrado y curado.
- Bridge Structure Maintenance and Rehabilitation Repair (Manual de Georgia): Actividad 810.01 - Reparación de la cubierta de concreto. Actividad 830.15 - Reparación de la superficie del bastión. Actividad 830.22 - Reparación de la cubierta de la viga de concreto armado.
- ASTM: C 881 - Resina epóxica para mejorar la adherencia entre el concreto fresco y el concreto endurecido.
- AASTHO: M235 - Uso de resina epóxica.
- Steel Structures Painting Council: SSPC-SP 12/NACE No 5 - Limpieza mediante chorro de agua a presión.

Puentes con este daño:

3-08-035-02
3-08-016-01
3-08-021-01
3-08-028-01
3-08-040-01
3-08-153-01
3-08-070-01
3-08-124-01
3-08-010-01
3-08-042-01
3-08-041-01
3-08-035-01
3-08-111-01
3-08-018-01
3-08-018-03
3-08-165-01
3-08-095-01
3-08-046-02
3-08-002-01
3-08-139-01

Fotografía de intervención:



Fuente: Elaboración propia, datos facilitados por el PEEP. Fotografía extraída de Dr. Concreto.

Cuadro 12. Datos para la intervención de puentes con nidos de piedra.

Daño: Nidos de piedra

Acciones de intervención:

- Reparación de nidos de piedra en el cuerpo principal del bastión o pila y en viga principal, diafragma de concreto o en la parte inferior de la losa

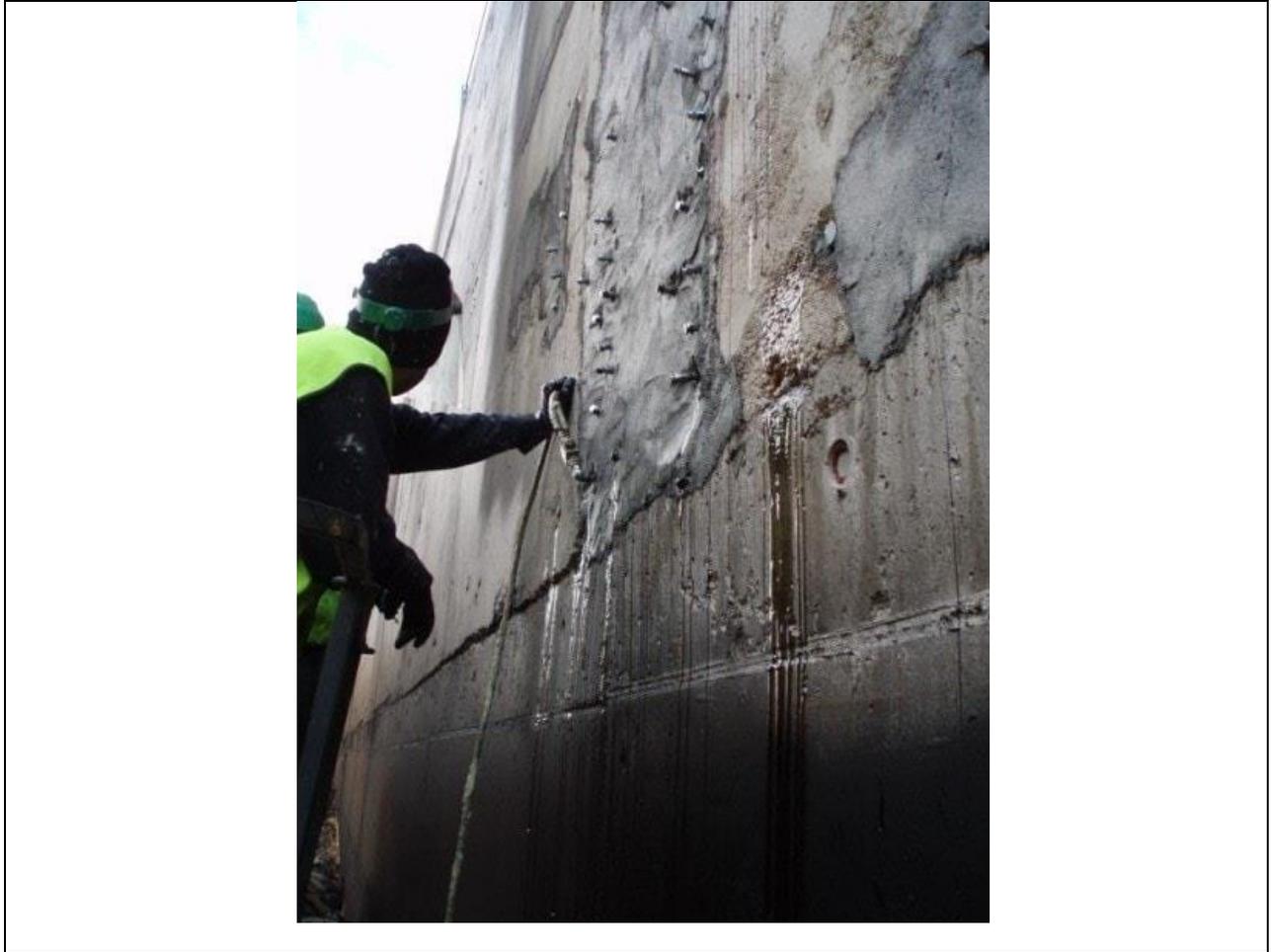
Según el Manual para el Mantenimiento de Puentes (T. Winiker, 2019) se puede aplicar para cualquier grado de daño. Al implementar este método, se debe tener especial cuidado con el acero de la armadura en todo momento, desde su desarrollo hasta su demolición. Para el caso de vigas y losa, no se recomienda llevarlo a cabo en vigas pretensadas o postensadas. Además, se tiene que realizar estudios más detallados para la reparación si el área dañada es de 2500 cm². Hay diferencias en la instalación de la formaleta, pero el procedimiento es el mismo.

Indicaciones:

- Identificar el área dañada golpeando con martillo diferenciando un sonido hueco y sordo (área dañada) y el sonido metálico, agudo y vibrante.
- Marcar con una tiza el área que tiene daño. Además, se debe incluir al área 30 cm más desde el límite del área dañada.
- Cortar con sierra verticalmente 3 cm de profundidad el perímetro marcado, sin dañar la armadura que se encuentre en esos 3 cm.
- Demoler con martillo u otro instrumento,

(Continuación del Cuadro 12)

<ul style="list-style-type: none">- Remover los restos de concreto que quedan en el acero con un chorro de arena, así también las partículas sueltas.- Si existe un 25% de pérdida de sección en el acero de refuerzo, se debe fijar una varilla con alambre negro, cuya longitud de anclaje se calcula según el Manual para el Mantenimiento de Puentes. Se recomienda proteger las varillas con algún inhibidor de corrosión.- Utilizar aire comprimido para eliminar el polvo, suciedad y los escombros de concreto suelto.- Colocar la formaleta.- Aplicar resina epóxica según el fabricante en la superficie de concreto viejo.- Chorrear el concreto de relleno en el área dañada después de la resina.- Compactar con vibradores de inmersión.- Curar el concreto.
<p>Especificaciones técnicas:</p> <ul style="list-style-type: none">• MCV-2015: Sección 608 - Reparación de concreto con corrosión en acero de refuerzo de puentes.• CR-2010: Sección 554 - Acero de refuerzo. Sección 501 - Elaboración del concreto, transporte, colocación, vibrado y curado. Subsección 725.27 - Madera para formaleta.• Bridge Structure Maintenance and Rehabilitation Repair (Manual de Georgia): Actividad 830.14 - Reparación de bastiones. Actividad 830.22 - Reparación de la cubierta de la viga de concreto armado.• ASTM: C 881 - Resina epóxica para mejorar la adherencia entre el concreto fresco y el concreto endurecido. A615/A615M o ASTM A706/A706M - Acero de refuerzo.• AASTHO: M235 - Uso de resina epóxica.• Steel Structures Painting Council: SSPC-SP 12/NACE No 5 - Limpieza mediante chorro de agua a presión.
<p>Puentes con este daño:</p> <p>3-08-010-01 3-08-028-01 3-08-046-02 3-08-042-01 3-08-041-01 3-08-070-01 3-08-018-01 3-08-018-03 3-08-021-01 3-08-165-01 3-08-113-01 3-08-035-01 3-08-111-01 3-08-014-01 3-08-040-01 3-08-095-01 3-08-139-01 3-08-161-01 3-08-153-01 3-08-124-01</p>
<p>Fotografías de intervención:</p>



Fuente: Elaboración propia, datos facilitados por el PEEP. Fotografías extraídas de Lemara Restauraciones.

Cuadro 13. Datos para la intervención de puentes con juntas obstruidas.

Daño: Juntas obstruidas

Acciones de intervención:

- Limpieza general del puente

Según el Manual para el Mantenimiento de Puentes (T. Winiker, 2019) el siguiente procedimiento se lleva a cabo para un grado de daño de 4 o menor según el Manual de Inspección de Puentes del MOPT. De otro modo, se procede a una remoción de la sobrecapa de asfalto por otro método.

Indicaciones:

- Barrer y cepillar las juntas para remover la suciedad, basura, escombros, vegetación, aceite, colonias de animales u otros.
- Lavar con agua a presión.
- En caso de necesitar remover la vegetación del derecho de vía, se debe hacer de acuerdo con lo mencionado en la Sección 102 Manejo de la vegetación menor en la zona del derecho de vía y la Sección 103 Manejo de la vegetación mayor en la zona del derecho de vía del MCV-2015.

(Continuación del Cuadro 13)

Especificaciones técnicas:

- MCV-2015: Sección 601 – Limpieza manual de puentes. Sección 609 - Reemplazo de juntas de expansión de puentes. Sección 612 - Reparación de superficie de desgaste de concreto asfáltico en puentes.
- CR-2010: Subsección 502.06 - Reparación de Juntas y Grietas. Sección 712 - Material para juntas. Sección 559 - Pavimentos asfálticos y tratamientos superficiales. División 400 - Impermeabilización.
- Bridge Structure Maintenance and Rehabilitation Repair (Manual de Georgia): Actividad 800.01 - Sellado de juntas de cubierta del puente (silicón).
- Steel Structures Painting Council: SSPC-SP 12/NACE No 5 - Limpieza mediante chorro de agua a presión.

Puentes con este daño:

3-08-002-01
3-08-003-01
3-08-035-02
3-08-035-01
3-08-016-01
3-08-018-01
3-08-018-03
3-08-196-01
3-08-014-01
3-08-050-01
3-08-165-01
3-08-028-01
3-08-042-01
3-08-046-02
3-08-113-01
3-08-040-01
3-08-161-01
3-08-095-01
3-08-153-01
3-08-139-01
3-08-124-01
3-08-150-01
3-08-041-01

Fotografía de intervención:



Fuente: Elaboración propia, datos facilitados por el PEEP. Fotografía extraída de Dr. Concreto.

Cuadro 14. Datos para la intervención de puentes con acero de refuerzo expuesto.

Daño: Acero de refuerzo expuesto

Acciones de intervención:

- Reparación de acero expuesto en viga principal, diafragma de concreto, en la parte inferior de la losa, bastiones, pilas y barandas New Jersey

Según el Manual para el Mantenimiento de Puentes (T. Winiker, 2019) este procedimiento se puede aplicar para daños de 2 o más según el Manual de Inspección de Puentes del MOPT, de otro modo, hay que llevar a cabo un procedimiento de descascaramiento de concreto. Según sea el elemento que se vaya a reparar, se debe revisar las especificaciones de la resistencia del concreto incluidas en la Sección 552 del CR-2010. Para el caso de vigas y losa, no se recomienda llevarlo a cabo en vigas pretensadas o postensadas. Además, se tiene que realizar estudios más detallados para la reparación si el área dañada es de 2500 cm². Hay diferencias en la instalación de la formaleta, pero el procedimiento es el mismo.

Indicaciones:

- Identificar el área dañada golpeando con martillo diferenciando un sonido hueco y sordo (área dañada) y el sonido metálico, agudo y vibrante.
- Marcar con una tiza el área que tiene daño. Además, se debe incluir al área 30 cm más desde el límite del área dañada.
- Cortar con sierra verticalmente 3 cm de profundidad el perímetro marcado, sin dañar la armadura que se encuentre en esos 3 cm.
- Demoler con martillo u otro instrumento,

- Remover los restos de concreto que quedan en el acero con un chorro de arena, así también las partículas sueltas.
- Para el caso de la losa, vigas, bastiones y pilas, si existe un 25% de pérdida de sección en el acero de refuerzo, se debe fijar una varilla con alambre negro. Cuya longitud de anclaje se calcula según el Manual para el Mantenimiento de Puentes. En el caso de barandas tipo New Jersey se debe cortar las varillas con pérdida de sección con un esmeril angular dejando 30 cm para poder traslapar las nuevas varillas.
- Proteger las varillas viejas y nuevas con algún inhibidor de corrosión de acuerdo con la Subsección 554.07 del CR-2010.
- Utilizar aire comprimido para eliminar el polvo, suciedad y los escombros de concreto suelto.
- Colocar la formaleta.
- Aplicar resina epóxica según el fabricante en la superficie de concreto viejo.
- Chorrear el concreto de relleno en el área dañada después de la resina.
- Compactar con vibradores de inmersión.
- Nivelar la superficie de concreto antes que el concreto endurezca.
- Curar el concreto.
- Reparación de acero expuesto mediante la instalación de ánodos galvánicos embebidos

Según el Manual para el Mantenimiento de Puentes (T. Winiker, 2019) este procedimiento se puede aplicar para daños de 2 o más según el Manual de Inspección de Puentes del MOPT, de otro modo, hay que llevar a cabo un procedimiento de descascaramiento de concreto. Se puede aplicar en cualquier elemento de la estructura. Se recomienda el uso de este procedimiento en estructuras expuestas a cloruros, por ejemplo, en ambientes marinos. Si se utiliza procedimiento de remover y hacer parches en aceros que han estado expuestos a cloruros, estas pueden fallar prematuramente. Debido a una incompatibilidad electroquímica entre el acero de la zona reparada y el embebido. Para evitar esto, se desarrollan los ánodos de zinc (ánodos galvánicos) embebidos. Ellos suministran una pequeña corriente eléctrica, por medio de una reacción natural, mediante la cual el ánodo se corroe para proteger el acero de refuerzo en las proximidades de la zona reparada. (ACI E706, 2010).

Indicaciones:

- Identificar el área dañada golpeando con martillo diferenciando un sonido hueco y sordo (área dañada) y el sonido metálico, agudo y vibrante.
- Marcar con una tiza el área que tiene daño. Además, se debe incluir al área 30 cm más desde el límite del área dañada.
- Cortar con sierra verticalmente 3 cm de profundidad el perímetro marcado, sin dañar la armadura que se encuentre en esos 3 cm.
- Demoler con martillo u otro instrumento,
- Remover los restos de concreto que quedan en el acero con un chorro de arena, así también las partículas sueltas.
- Previo a la instalación de los ánodos galvánicos, se debe verificar la continuidad eléctrica del acero de refuerzo, mediante el uso de un ohmímetro.
- Atar, con alambre, los ánodos galvánicos al acero de refuerzo. El espaciamiento entre estos lo determina el fabricante. De acuerdo con lo establecido por el (ACI E706, 2010), se debe dejar un espacio mínimo entre los ánodos y las superficies de concreto de por lo menos 19 mm ($\frac{3}{4}$ pulg) o, 6 mm ($\frac{1}{4}$ pulg) mayor al tamaño máximo nominal del agregado grueso que se utilizará en el concreto de relleno. En caso de que exista menos de 2,5 cm (1 pulg) de recubrimiento, el ánodo se debe colocar por detrás del acero de refuerzo, es decir, lejos de la superficie de concreto.

(Continuación del Cuadro 14)

<ul style="list-style-type: none">- Verificar la conexión eléctrica entre los ánodos y el acero de refuerzo con una resistencia menor de 1 ohmio.- Colocar una lechada de concreto para mejorar la adherencia entre el concreto fresco y la superficie.- Chorroar el concreto de relleno (verificar que los ánodos galvánicos se cubran).- Compactar con vibradores de inmersión.- Nivelar la superficie de concreto antes que el concreto endurezca.- Curar el concreto.- Limpiar el área de trabajo.
<p>Especificaciones técnicas:</p> <ul style="list-style-type: none">• MCV-2015: Sección 603 - Reparación parcial o reposición total de barandas de puentes. Sección 608 - Reparación de concreto con corrosión en acero de refuerzo de puentes. Sección 611 - Reparación de la superficie de desgaste de concreto hidráulico en puentes.• CR-2010: Sección 552 – Concreto estructural. Sección 554 - Acero de refuerzo. Sección 501 - Elaboración del concreto, transporte, colocación, vibrado y curado. Subsección 725.27 - Madera para formaleta.• Bridge Structure Maintenance and Rehabilitation Repair (Manual de Georgia): Actividad 815.03 - Reparación de barandas. Actividad 830.14 - Reparación del bastión. Actividad 830.22 - Reparación de la viga de cubierta de concreto armado.• ASTM: C 881 - Resina epóxica para mejorar la adherencia entre el concreto fresco y el concreto endurecido. A615/A615M o ASTM A706/A706M - Acero de refuerzo.• AASTHO: M235 - Uso de resina epóxica.• Steel Structures Painting Council: SSPC-SP 12/NACE No 5 - Limpieza mediante chorro de agua a presión.• ACI-2010: E706 - Reparación de daños por acero de refuerzo expuesto mediante la instalación de ánodos galvánicos embebidos. RAP-8S - Instalación de ánodos galvánicos embebidos.
<p>Puentes con este daño:</p> <p>3-08-018-01 3-08-018-03 3-08-028-01 3-08-016-01 3-08-040-01 3-08-153-01 3-08-006-01 3-08-035-01 3-08-021-01 3-08-165-01 3-08-161-01 3-08-095-01 3-08-070-01 3-08-124-01 3-08-111-01 3-08-196-01 3-08-002-01</p>
<p>Fotografía de intervención:</p>



Fuente: Elaboración propia, datos facilitados por el PEEP. Fotografía extraída de MoDOT.

Cuadro 15. Datos para la intervención de puentes con grietas en una y en dos direcciones.

Daño: Grietas en una y en dos direcciones

Acciones de intervención:

- Reparación de grietas en una dirección mediante la inyección de resinas epóxicas a presión

Según el Manual para el Mantenimiento de Puentes (T. Winiker, 2019) este procedimiento debe de ser periódico a partir de la detección de las grietas de 0,33 mm de grosor y puede aplicarse en cualquier elemento de concreto. Tiene como objetivo proteger el acero de refuerzo de la oxidación y al concreto de la delaminación.

Indicaciones:

- Demarcar con tiza las grietas con grosores de 0,33mm o mayores.
- Intervenir con un esmeril angular en “V” a lo largo de la grieta.
- Limpiar el área intervenida y alrededores con un chorro de arena de agua o algún pulido. Al final, limpiar con aire comprimido.
- Marcar los lugares a lo largo de la grieta en donde se vayan a hacer los agujeros para introducir la boquilla para la inyección epóxica.
- Perforar con taladro a una profundidad de 1,27cm.
- Instalar boquillas.
- Colocar el mortero o el sellador epóxico en toda el área cortada.
- Dejar que cure el mortero o el sellador.

- Revisar si quedó un sistema abierto en la grieta por medio de aire comprimido.
- Inyectar el adhesivo epóxico a una presión constante.
- Remover las boquillas.
- Limpiar el área de trabajo.

- Sellado de grietas en losas de concreto o carpetas asfálticas

Según el Manual para el Mantenimiento de Puentes (T. Winiker, 2019) el método debería aplicarse a grietas con un grado de daño de 3 o menor según el Manual de Inspección de Puentes del MOPT.

Indicaciones:

- Realizar un canal a lo largo de la grieta con una profundidad a la misma.
- Remover la suciedad producto del corte.
- Remover las partículas sueltas con un chorro de arena.
- Limpiar el polvo con aire comprimido.
- Aplicar el sellado asfáltico de grietas en caliente según la ASTM D 6690.
- Limpiar el área de trabajo.
- Permitir que el sellador alcance a resistencia inicial antes de abrir el paso al tránsito.

Especificaciones técnicas:

- MCV-2015: Sección 605 - Limpieza de superficies de puentes de concreto o acero con agua a presión. Sección 606 - Limpieza y sellado de grietas en elementos de concreto en puentes. Sección 611 - Reparación de la superficie de desgaste de concreto hidráulico en puentes. Sección 613 - Preparación y protección de superficies de puentes. Sección 612 - Reparación de superficie de desgaste de concreto asfáltico en puentes.
- CR-2010: Sección 501 - Elaboración del concreto, transporte, colocación, vibrado y curado. Subsección 712.01 (a) - Sellado y relleno con resina epóxica. Subsección 725.22 - Mortero de alta resistencia. Subsección 416.05 - Limpieza, preparación y sello de grietas. Sección 559 - Impermeabilización de la superficie de ruedo. Sección 414 – Riego de liga asfáltica.
- Bridge Structure Maintenance and Rehabilitation Repair (Manual de Georgia): Actividad 830.13 - Inyección epóxica en cubierta y columnas.
- ASTM: C 881 - Resina epóxica para mejorar la adherencia entre el concreto fresco y el concreto endurecido. D6690 – Sello asfáltico en caliente de grietas longitudinales y transversales en la superficie de rodamiento.
- AASTHO: M235 - Uso de resina epóxica.
- Steel Structures Painting Council: SSPC-SP 12/NACE No 5 - Limpieza mediante chorro de agua a presión.

Puentes con este daño:

3-08-002-01
3-08-003-01
3-08-006-01
3-08-035-01
3-08-035-02
3-08-016-01
3-08-042-01
3-08-040-01
3-08-161-01
3-08-124-01
3-08-150-01
3-08-041-01
3-08-018-01
3-08-018-03

(Continuación del Cuadro 15)

3-08-021-01

3-08-165-01

3-08-113-01

3-08-070-01

3-08-111-01

3-08-139-01

Fotografías de intervención:





Fuente: Elaboración propia, datos facilitados por el PEEP. Fotografías extraídas de Dr. Concreto y Indianápolis Star respectivamente.

Cuadro 16. Datos para la intervención de puentes con filtración de agua en juntas.

Daño: Filtración de agua en juntas

Acciones de intervención:

- Sustitución de las juntas de expansión por juntas de silicón

Según el Manual para el Mantenimiento de Puentes (T. Winiker, 2019) el método es aplicable a cualquier grado de daño de filtración de agua por juntas. Se puede sustituir cualquier tipo de junta o junta abierta, con excepción de juntas de placas de acero deslizante o juntas de placa dentadas.

Indicaciones:

- Remover la junta vieja sin dañar el concreto adyacente. De otro modo, marcar el área para proceder con un corte de una profundidad mínima de 5 cm sin dañar el acero de refuerzo.
- Cortar los bordes superiores de la junta para remover triángulos de 1,30 cm de lado.
- Remover partículas sueltas con un chorro de arena.
- Limpiar con el compresor de aire el área de trabajo.
- Instalar, según indicaciones del fabricante, un Backer Rod con un ancho de 25 % mayor que el de la junta.
- Se debe instalar inmediatamente el sellador de silicona después del Backer Rod para que se contamine con suciedad u otras partículas. Es necesario una sola pasada, para ello preparar el sellador con la suficiente capacidad.
- Se debe repujar el sellador con alguna herramienta apropiada para garantizar el contacto firme con las caras de la junta.
- Esperar a que el sellador seque adecuadamente.
- Limpiar el excedente de sellador.

- Limpiar el área de trabajo.

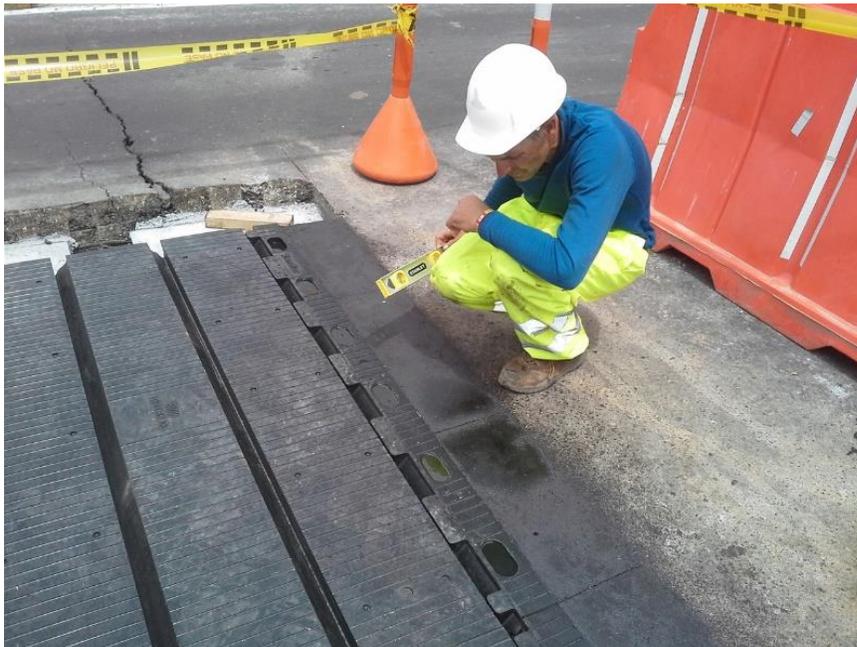
Especificaciones técnicas:

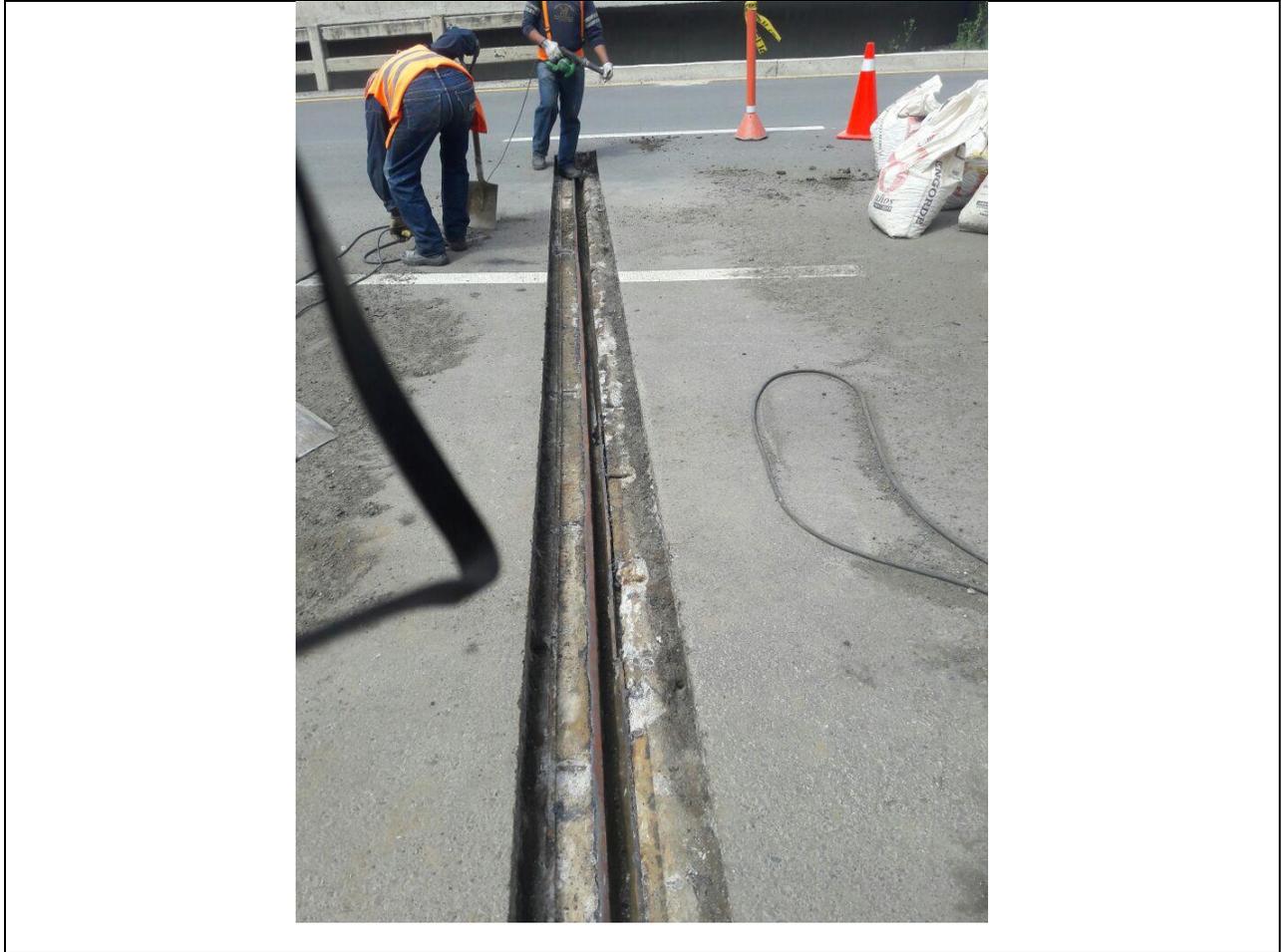
- MCV-2015: Sección 605 - Limpieza de superficies de puentes de concreto o acero con agua a presión. Sección 601 – Limpieza manual de puentes.
- CR-2010: Subsección 502.06 - Reparación de Juntas y Grietas. Sección 712 - Material para juntas. Sección 559 - Pavimentos asfálticos y tratamientos superficiales. División 400 - Impermeabilización. Sección 559 - Impermeabilización de la superficie de ruedo.
- Bridge Structure Maintenance and Rehabilitation Repair (Manual de Georgia): Actividad 800.01 - Sellado de juntas de cubierta del puente (silicón).
- Steel Structures Painting Council: SSPC-SP 12/NACE No 5 - Limpieza mediante chorro de agua a presión

Puentes con este daño:

3-08-002-01
3-08-006-01
3-08-111-01
3-08-018-01
3-08-018-03
3-08-028-01
3-08-042-01
3-08-113-01
3-08-139-01
3-08-124-01
3-08-150-01
3-08-041-01

Fotografías de intervención:





Fuente: Elaboración propia, datos brindado por el PEEP. Fotografías extraídas de Dr. Concreto y Grupo Vikingo respectivamente.

Cuadro 17. Datos para la intervención de puentes con deformación de acero.

Daño: Deformación de acero
<p>Acciones de intervención:</p> <ul style="list-style-type: none">• Reparación de la deformación en baranda y viga principal de acero.
<p>Según el Manual para el Mantenimiento de Puentes (T. Winiker, 2019) para llevar a cabo una reparación en las vigas principales de acero se necesita de un análisis estructural en donde se llegue a encontrar la razón de la deformación. Los métodos son complejos en donde no es alcance para el Manual para el Mantenimiento de Puentes. Para las barandas de acero, de igual forma se necesita hacer un análisis estructural para saber si aún conserva la capacidad de absorber energía. Si se procede a un reemplazo entonces se debe seguir las especificaciones del “Manual para el desarrollo de proyectos de infraestructura desde la óptica de la seguridad vial”.</p>
<p>Especificaciones técnicas:</p> <ul style="list-style-type: none">• MCV-2015: Sección 603 - Reparación parcial o reposición total de barandas de puentes. Sección 608 - Reparación de concreto con corrosión en acero de refuerzo de puentes.• CR-2010: Sección 554 - Acero de refuerzo.

(Continuación del Cuadro 17)

- Bridge Structure Maintenance and Rehabilitation Repair (Manual de Georgia): Actividad 815.03 - Reparación de barandas. Actividad 830.14 - Reparación del bastión. Actividad 830.22 - Reparación de la viga de cubierta de concreto armado.
- ASTM: A615/A615M o ASTM A706/A706M - Acero de refuerzo.

Puentes con este daño:

3-08-035-01

3-08-010-01

3-08-035-02

3-08-042-01

Fotografía de intervención:



Fuente: Elaboración propia, datos facilitados por el PEEP. Fotografía extraída de Lanamme.

Cuadro 18. Datos para la intervención de puentes con socavación en los bastiones.

Daño: Socavación en los bastiones

Acciones de intervención:

- Limpieza de los cauces para prevenir la socavación

Según el Manual para el Mantenimiento de Puentes (T. Winiker, 2019) es de suma importancia no proceder con este método en condiciones lluviosas, debido a las crecidas de agua que pueden poner en peligro a los trabajadores y al proceso constructivo.

Indicaciones:

- Remover todo obstáculo que no permita el flujo del agua por la estructura.
- Limpiar aguas arriba una longitud mínima de tres veces la distancia medida entre los bastiones y aguas abajo una longitud mínima de una vez y media la distancia.
- Sacar todo material del alcance del agua para que no vuelva a caer en el cauce.
- Limpiar el área de trabajo.

- Procedimiento para prevenir la socavación, mediante enrocados (escolleras) en el cuerpo principal de los bastiones

Según el Manual para el Mantenimiento de Puentes (T. Winiker, 2019) este procedimiento es útil para aplicar ante una pérdida del talud de protección frente al bastión.

Indicaciones:

- Remover obstáculos que puedan romper el geotextil.
- Dejar la superficie lisa y uniforme para colocar el geotextil.
- Dejar el terreno en una relación 1:2 (vertical: horizontal) para colocar enrocado.
- Colocar el geotextil con un traslape de 30 cm entre paños o cocido entre ellos.
- Dejar “lloraderas” en el mortero para el drenaje de agua.
- Utilizar pines para mantener el geotextil en su lugar.
- El geotextil debe ir en toda la altura del talud o 60 cm arriba del nivel más alto del agua.
- En el pie del talud, colocar un delantal de geotextil de una extensión mínima de 2,40 m y máxima de 7,60 m.
- Colocar las rocas en toda la extensión del geotextil.
- Dejar una cubierta densa y uniforme.
- Si el talud posee una pendiente muy pronunciada, excavar en el pie del talud a una profundidad de 60 cm para acomodar las piedras.
- Si se utiliza mortero, humedecer las rocas, lavando el exceso de finos. Se debe evitar la segregación y no dejar vacíos entre las rocas sin moverlas. Las capas son de un máximo 1,50 m de espesor.
- Curar el mortero 3 días para colocar la siguiente capa.
- Limpiar el área de trabajo.

Especificaciones técnicas:

- MCV-2015: Sección 602 - Limpieza de cauces en puentes. Sección 617 - Protección de riberas.
- CR-2010: Sección 251 – Escolleras. Subsección 705.02 - Uso de rocas para escolleras. Subsección 712-02 (e) - Mortero. Subsección 714.01 - Uso de geotextil tipo IV.
- Bridge Structure Maintenance and Rehabilitation Repair (Manual de Georgia): Actividad 845.02 - Reparación de erosión en pilares.

Puentes con este daño:

3-08-003-01
3-08-035-02
3-08-035-01
3-08-111-01
3-08-018-01
3-08-018-03
3-08-196-01
3-08-017-01
3-08-021-01
3-08-165-01
3-08-028-01
3-08-042-01
3-08-046-02
3-08-040-01
3-08-161-01
3-08-070-01
3-08-124-01
3-08-153-01

(Continuación del Cuadro 18)

Fotografías de intervención:



Fuente: Elaboración propia, datos facilitados por el PEEP. Fotografías extraídas de La crónica del Quindío y RB Conspro respectivamente.

Costos de intervención de puentes

Se muestra a continuación el Cuadro 19 con el equipo, materiales, actividades del proceso y la mano de obra para cada actividad designada con código:

Cuadro 19. Materiales, equipo y mano de obra para las actividades de intervención.

Código	Actividad	Equipo	Materiales	Actividades implícitas del proceso	Mano de obra
MANTE-01	Eliminación de la oxidación mediante la limpieza con chorro de agua	Generador eléctrico, bomba, compresor, manguera y boquillas de alta presión, brocha, felpa para rodillo, rodillo	Agua, combustible, aceite, inhibidor de óxido, anticorrosivo, pintura de acabado final	Vestir equipo de seguridad especializada para chorro de agua y de aire a presión, transporte de equipo pesado	1 operario y 1 peón
MANTE-02	Detención del proceso de corrosión mediante la limpieza y aplicación de pintura anticorrosiva en superficies nuevas o con la totalidad de la pintura existente removida	Generador eléctrico, equipo de chorro de arena, compresor de aire, buzos de gran flexibilidad y resistentes a la abrasión, sierra o cortadora de acero, máscaras respiratorias, calzado de chorreador especial, cincel, martillo, palas, pico, escobas, escobillas, cepillos, carretillo, llaneta, brochas, felpa para rodillo, rodillo.	Arena o abrasivo (sea el más indicado para el equipo que se utilice), lona, pines sujetadores o varillas, pintura anticorrosiva	Vestir equipo de seguridad especializada para chorro de agua, de aire a presión y chorreador de arena, transporte de equipo pesado, transporte de residuos y escombros	1 operario y 2 peones
MANTE-03	Remoción de la eflorescencia mediante método manuales	Tanque para agua potable, manguera, cepillo de cerdas de acero, escoba, escobilla, brocha	Agua, lija de agua para concreto	Transporte fuente de agua	1 operario y 1 peón
MANTE-04	Remoción de la eflorescencia utilizando lijadora electromecánica	Generador eléctrico, lijadora electromecánica, escoba, escobillas	Lijas	Transporte de equipo pesado	1 operario y 1 peón

(Continuación del Cuadro 19)

Código	Actividad	Equipo	Materiales	Actividades implícitas del proceso	Mano de obra
MANTE-05	Remoción de la eflorescencia lavando con soluciones ácidas	Tanque para agua potable, manguera, envases vacíos, trapos, vara o paleta, cuchara de albañearía, brocha o esponja	Agua, ácido muriático	Transporte de agua potable, transporte de químicos	1 operario y 1 peón
MANTE-06	Reparación del descascaramiento	Martillo, cinta métrica, generador eléctrico, sierra eléctrica, compresor para aire comprimido, chorreador de arena, martillo, llaneta, vibradores	Alambre negro, varilla, tiza, inhibidor de óxido, anticorrosivo, clavos, reglas de madera, agua, piedra, arena, cemento, epóxico	Transporte de equipo pesado, uso de vestimenta de seguridad especializada, curado de concreto, transporte de desechos de concreto	1 operario y 2 peones
MANTE-07	Reparación de nidos de piedra	Martillo, cinta métrica, generador eléctrico sierra, martillo, tenazas, brochas, trapos, compresor de aire, tenazas, tela o trapo, vibradores de inmersión	Tiza, alambre negro, varilla, inhibidor de óxido, anticorrosivo, tablas de madera, clavos, resina epóxica, piedra, arena, cemento, agua, solvente	Transporte de equipo pesado, curar el concreto	1 operario y 2 peones
MANTE-08	Limpieza general del puente	Compresor para agua a presión, generador eléctrico, mangueras, dispensador de agua, machete o guadaña	Escoba, escobilla, cepillo de acero	Transporte de equipo pesado, transporte de agua potable, transporte de residuo	1 operario y 2 peones
MANTE-09	Reparación de acero expuesto	Martillo, cinta métrica, generador eléctrico, sierra, generador eléctrico, chorreador de arena, tenazas, trapos, compresor de aire, llaneta, vibrador de inmersión	Tiza, arena, alambre negro, varilla, inhibidor de óxido, anticorrosivo, tablas de madera, reglas de madera, clavos, agua, piedra, arena, cemento, resina epóxica, solvente	Transporte de equipo pesado, vestimenta de seguridad especial, transporte de agua potable, curar el concreto	1 operario y 2 peones

(Continuación del Cuadro 19)

Código	Actividad	Equipo	Materiales	Actividades implícitas del proceso	Mano de obra
MANTE-10	Reparación de acero expuesto mediante la instalación de ánodos galvánicos embebidos	Martillo, cinta métrica, generador eléctrico, sierra, generador eléctrico, chorreador de arena, tenazas, trapos, compresor de aire, llaneta, vibrador de inmersión	Tiza, arena, alambre negro, varilla, alambre conductor, inhibidor de óxido, anticorrosivo, tablas de madera, reglas de madera, clavos, agua, piedra, arena, cemento, resina epóxica, solvente	Transporte de equipo pesado, vestimenta de seguridad especial, transporte de agua potable, curar el concreto	1 operario y 1 peón
MANTE-11	Reparación de grietas en una dirección mediante la inyección de resinas epóxicas a presión	Martillo, cinta métrica, generador eléctrico, esmeril en "V", compresor de aire, taladro, compresor para agua a presión, mangueras y boquillas	Tiza, agua, resina epóxica, adhesivo epóxico, arena, cemento	Transporte de equipo pesado, transporte de agua potable	1 operario y 2 peones
MANTE-12	Sellado de grietas en losas de concreto o carpetas asfálticas	Generador eléctrico, sellador, chorreador de arena, compresor de aire	Producto sellador	Transporte de equipo pesado, uso de equipo de seguridad especial, gestión de residuos	1 operario y 2 peones
MANTE-13	Sustitución de las juntas de expansión por juntas de silicón	Generador eléctrico, sierra, chorreador de arena, compresor de aire, pistola de silicona	Tiza, Backer Rod, silicona	Transporte de equipo pesado, equipo de seguridad especial, secado de silicona, transporte de residuos	1 operario y 2 peones
MANTE-14	Limpieza de los cauces para prevenir la socavación	Pala, sierras, Back Hoe, pico, herramientas manuales	-	Gestión de residuos, uso y transporte de equipo pesado	1 operario y 2 peones
MANTE-15	Colocación de enrocados (escolleras) en el cuerpo principal de los bastiones	Herramientas de transporte, Back Hoe, Compactador manual o mecánico, generador eléctrico, sierra, martillo o maso, taladro del diámetro de tubos, grúa	Geotextil, varillas o pines, tubos, agua, cemento, arena	Gestión de residuos, Transporte de equipo pesado, curar el mortero, movilización de objetos pesados dentro del área de trabajo	1 operario y 2 peones

Fuente: Elaboración propia.

Se muestran a continuación los cuadros con los costos calculados para cada actividad de intervención, contiene un código para cada actividad y el costo unitario de la obra, en el Cuadro 20 se tienen los costos en colones y en el

Cuadro 21 se tienen los costos en dólares con un cambio fijo del dólar de 570,00 colones, en el apartado de apéndices se tienen los cuadros con los costos desglosados:

Cuadro 20. Costos unitarios de obra en colones para las actividades de intervención.

Código	Actividades de reparación/Refuerzo	Costo unitario (₡)
MANTE-01	Eliminación de la oxidación mediante la limpieza con chorro de agua	7 101,34/m ²
MANTE-02	Detención del proceso de corrosión mediante la limpieza y aplicación de pintura anticorrosiva en superficies nuevas o con la totalidad de la pintura existente removida	7 929,91/m ²
MANTE-03	Remoción de la eflorescencia mediante método manuales	5 715,03/m ²
MANTE-04	Remoción de la eflorescencia utilizando lijadora electromecánica	5 441,95/m ²
MANTE-05	Remoción de la eflorescencia lavando con soluciones ácidas	4 107,09/m ²
MANTE-06	Reparación del descascaramiento	27 496,40/m ²
MANTE-07	Reparación de nidos de piedra	28 811,01/m ²
MANTE-08	Limpieza general del puente	6 370,61/m ²
MANTE-09	Reparación de acero expuesto	31 179,62/m ²
MANTE-10	Reparación de acero expuesto mediante la instalación de ánodos galvánicos embebidos	19 796,52/m ²
MANTE-11	Reparación de grietas en una dirección mediante la inyección de resinas epóxicas a presión	16 477,96/m ²
MANTE-12	Sellado de grietas en losas de concreto o carpetas asfálticas	10 829,17/m ²
MANTE-13	Sustitución de las juntas de expansión por juntas de silicón	9 425,53/ml
MANTE-14	Limpieza de los cauces para prevenir la socavación	6 084,49/m ³
MANTE-15	Colocación de enrocados (escolleras) en el cuerpo principal de los bastiones	21 148,07/m ²

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 21. Costos unitarios en dólares para las actividades de intervención.

Código	Actividades de reparación/Refuerzo	Costo unitario (\$)
MANTE-01	Eliminación de la oxidación mediante la limpieza con chorro de agua	12,46/m ²
MANTE-02	Detención del proceso de corrosión mediante la limpieza y aplicación de pintura anticorrosiva en superficies nuevas o con la totalidad de la pintura existente removida	13,91 /m ²
MANTE-03	Remoción de la eflorescencia mediante método manuales	10,03 /m ²
MANTE-04	Remoción de la eflorescencia utilizando lijadora electromecánica	9,55 /m ²
MANTE-05	Remoción de la eflorescencia lavando con soluciones ácidas	7,21 /m ²
MANTE-06	Reparación del descascaramiento	48,24 /m ²
MANTE-07	Reparación de nidos de piedra	50,55 /m ²
MANTE-08	Limpieza general del puente	11,18 /m ²
MANTE-09	Reparación de acero expuesto	54,70 /m ²
MANTE-10	Reparación de acero expuesto mediante la instalación de ánodos galvánicos embebidos	34,73 /m ²
MANTE-11	Reparación de grietas en una dirección mediante la inyección de resinas epóxicas a presión	28,91 /m ²
MANTE-12	Sellado de grietas en losas de concreto o carpetas asfálticas	19,00 /m ²
MANTE-13	Sustitución de las juntas de expansión por juntas de silicón	16,54 /ml
MANTE-14	Limpieza de los cauces para prevenir la socavación	10,67 /m ³
MANTE-15	Colocación de enrocados (escolleras) en el cuerpo principal de los bastiones	37,10 /m ²

Fuente: Elaboración propia.

Se muestra a continuación un cuadro con los valores subtotales de las actividades de intervención donde se contempla el costo para materiales, equipo, mano de obra e imprevistos,

además se puede ver un gráfico que resume los costos calculados:

Cuadro 22. Subtotal de costos directos de obra de las actividades de intervención de puentes.

Código de actividad	Subtotales (₡)			Imprevistos 5%	Costo unitario (₡)	Costo unitario (\$)	Unidad
	Materiales	Equipo	Mano de obra				
MANTE-01	3 150,59	486,11	3 126,49	338,16	7 101,34	12,46	m ²
MANTE-02	5 064,61	246,88	2 240,81	377,61	7 929,91	13,91	m ²
MANTE-03	2 940,60	277,78	2 224,51	272,14	5 715,03	10,03	m ²
MANTE-04	2 818,38	422,67	1 941,76	259,14	5 441,95	9,55	m ²
MANTE-05	1 646,43	-	2 265,09	195,58	4 107,09	7,21	m ²
MANTE-06	20 000,24	1 507,61	4 679,20	1 309,35	27 496,40	48,24	m ²
MANTE-07	21 497,35	1 374,28	4 567,44	1 371,95	28 811,01	50,55	m ²
MANTE-08	4 458,76	185,00	1 423,49	303,36	6 370,61	11,18	m ²
MANTE-09	23 885,17	1 274,28	4 535,44	1 484,74	31 179,62	54,70	m ²
MANTE-10	11 251,33	3 926,53	3 675,97	942,69	19 796,52	34,73	m ²
MANTE-11	12 143,33	552,55	2 997,42	784,66	16 477,96	28,91	m ²
MANTE-12	7 819,26	546,88	1 947,36	515,67	10 829,17	19,00	m ²
MANTE-13	6 308,21	608,38	2 060,11	448,83	9 425,53	16,54	ml
MANTE-14	2 000,00	2 250,00	1 544,75	289,74	6 084,49	10,67	m ³
MANTE-15	10 455,33	5 157,84	4 527,84	1 007,05	21 148,07	37,10	m ²

Fuente: Elaboración propia.

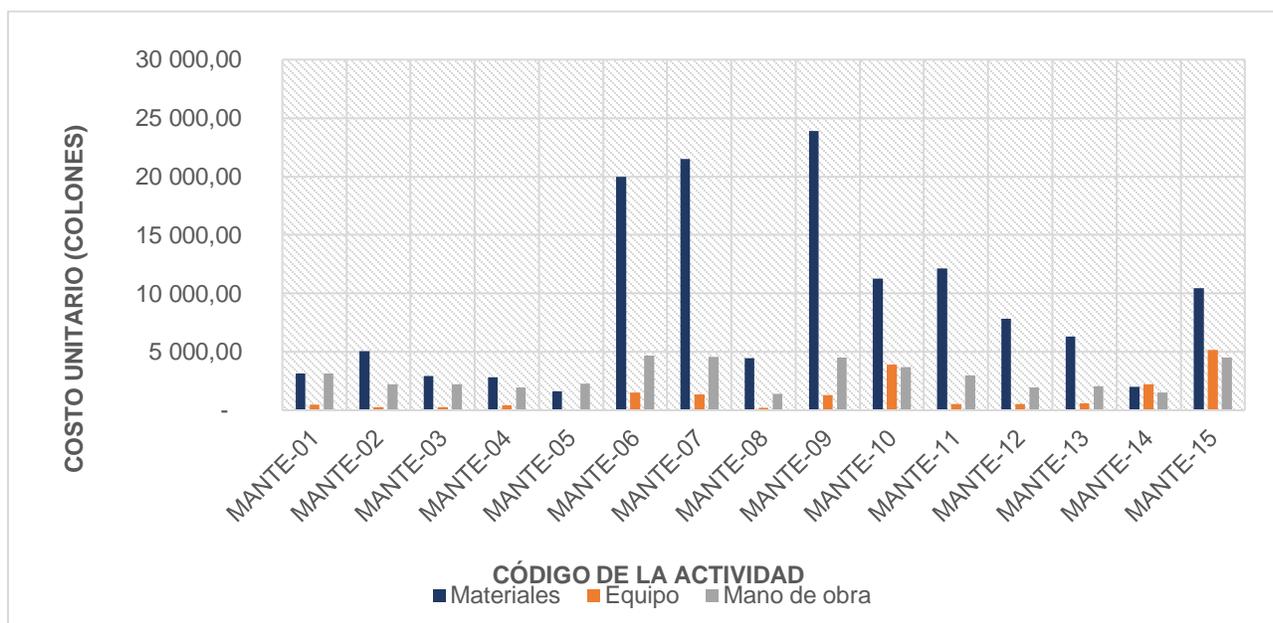


Gráfico 6. Costos unitarios de materiales, equipo y mano de obra de las actividades de intervención. Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 23. Subtotales de costos unitarios directos e indirectos de 5 de las actividades de intervención de puentes.

Código	Costos directos				Costos indirectos			
	Equipo y maquinaria	Mano de obra	Materiales	Insumos	Gastos Administrativos (personal)	Gastos Administrativos (oficina)	Imprevistos	Utilidad
MANTE-03	933,17	1 975,00	1 380,49	16 298,50	1 749,91	514,68	1 029,36	2 058,72
MANTE-06	4 459,59	3 950,00	17 913,60	18 298,50	3 792,84	1 115,54	2 231,08	4 462,17
MANTE-07	4 659,29	3 950,00	20 409,56	16 298,50	3 851,98	1 132,93	2 265,87	4 531,74
MANTE-08	2 263,32	987,50	618,63	18 298,50	1 884,28	554,20	1 108,40	2 216,79
MANTE-09	5 002,79	3 950,00	20 636,06	18 298,50	4 070,43	1 197,18	2 394,37	4 788,74

Fuente: Elaboración propia.

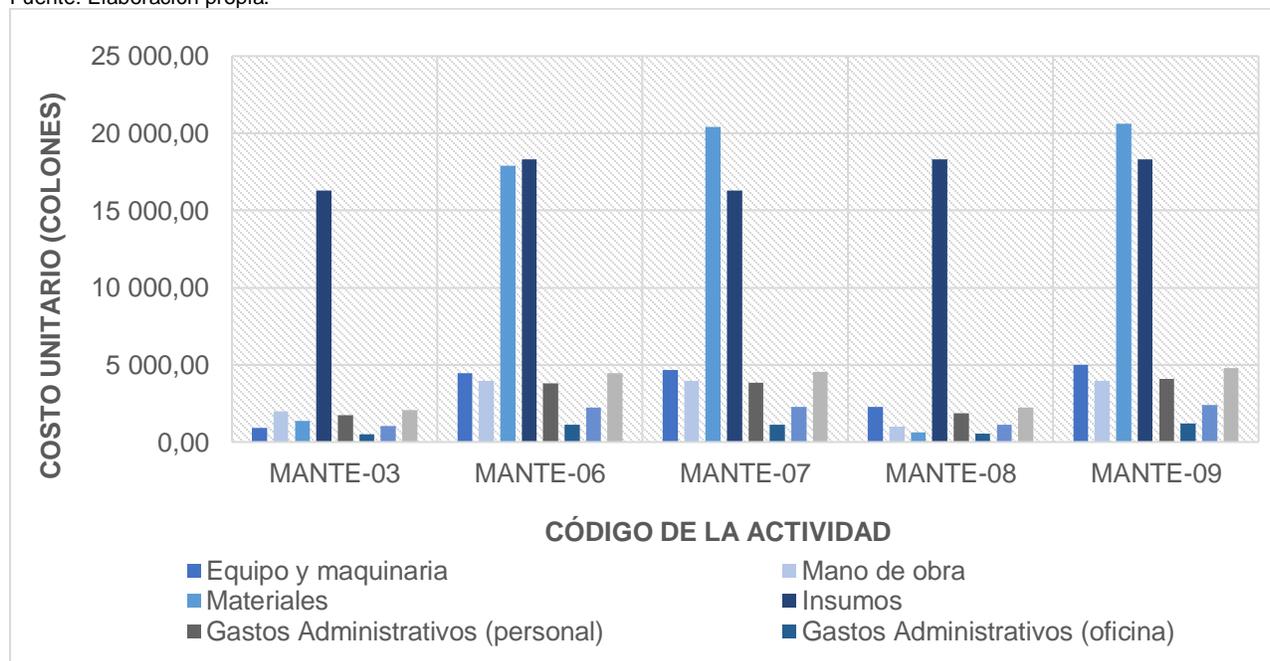


Gráfico 7. Costos unitarios subtotales de 5 actividades de intervención. Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 24. Resumen de renglón de pago de 5 de las actividades de intervención de puentes.

Código	Descripción	Unidad	Costo unitario (¢)	Costo unitario (\$)
MANTE-03	Remoción de la eflorescencia mediante método manuales	m ²	25 939,83	45,51
MANTE-06	Reparación del descascaramiento	m ²	56 223,33	98,64
MANTE-07	Reparación de nidos de piedra	m ²	57 099,87	100,18
MANTE-08	Limpieza general del puente	m ²	27 931,62	49,00
MANTE-09	Reparación de acero expuesto	m ²	60 338,07	105,42

Fuente: Elaboración propia.

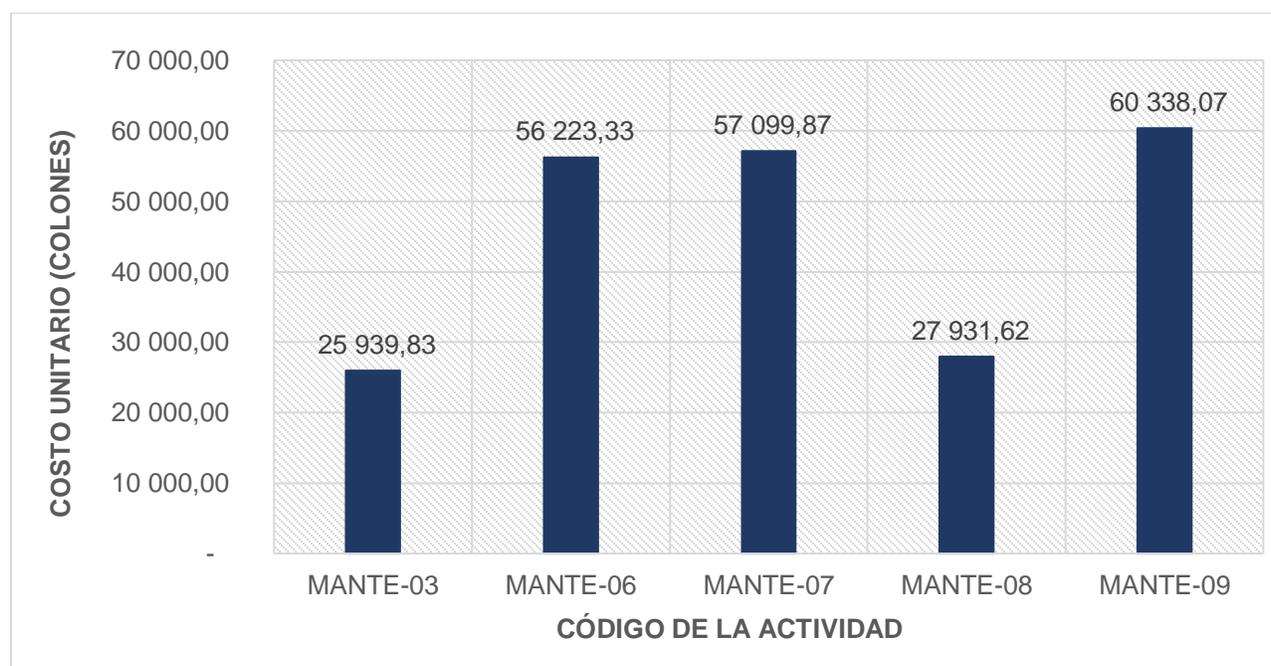


Gráfico 8. Costo de los renglones de pago de las actividades de intervención. Fuente: Elaboración propia.

Análisis de los resultados

Para llevar a cabo el análisis de una manera más ordenada, se decidió hacerlo por secciones, son las siguientes:

Inventario de la red de puentes

La Municipalidad de El Guarco desconocía la totalidad de puentes que le pertenecían, y el estado en el cual estos se encontraban y la Municipalidad al no conocer esta información (detallada) no podía intervenir adecuadamente. Además, el gobierno local no cuenta con una metodología para la intervención de los puentes. Esto se sabe por la poca información del estado de los puentes que la Municipalidad pudo proporcionar. Los datos del inventario fue proporcionado por el Programa de Evaluación de Estructuras de Puentes (PEEP) del TEC y no por la Municipalidad.

Los datos son respaldados por la trayectoria del ente que los recopiló, el PEEP. Este Programa fue el que llevó a cabo en el 2018 las inspecciones de la red de puentes del cantón de El Guarco. Esta evaluación estuvo a cargo ingenieros y asistentes del departamento de puentes del TEC, donde se tomaron datos en campo y se generaron informes (los que fueron facilitados para desarrollo del objetivo 1). El Cuadro 5 resume las características que fueron producto de un procesamiento de los datos, tales como ubicación, coordenadas, características físicas y estructurales de los puentes, la existencia o no de planos constructivos y de datos como el TPD, daños presentes, entre otros aspectos.

En el Cuadro 5 se presenta dicho resumen del inventario de puentes de la red vial cantonal de El Guarco el cual cuenta con 29 puentes con acceso y en uso, con longitudes entre los 3,80 m y 3,50 m, y anchos que varían entre los 3,80 m y los 11,13m.

Además, se encuentran puentes de materiales variados como lo son el concreto preforzado y reforzado, acero y madera como se muestra en el Gráfico 1. El tipo de viga que predomina es el de Viga I y la Viga Losa según el Gráfico 2. Por último, predomina mayoritariamente el tipo de superestructura de Viga Simple, como se observa en el Gráfico 3.

Estos tipos de puentes resulta de mayor duración, menor costo de mantenimiento, un fácil y rápido proceso constructivo y cuenta con la posibilidad de involucramiento de la comunidad en la construcción de los mismos. Por ejemplo, el puente tipo losa suele ser la mejor opción para una estructura de corta longitud, de bajo tránsito, para tránsito liviano y con durabilidad deseable para una baja inversión en mantenimiento. Ocurre lo mismo con el puente de tipo Viga I de concreto preforzado, que tiene las mismas características mencionadas en la Viga Losa, pero con la diferencia de que cubre claros más grandes.

Daños en la red de puentes

A partir del inventario de los puentes y sus daños, el Cuadro 7 presenta una cantidad de daños de grados 2 a 3 y grados 4 a 5. Lo anterior dicho se presenta también en el Gráfico 4 y en el Gráfico 5 y se puede observar que los daños más repetitivos para grados 2 a 3 son la eflorescencia, descascamiento del concreto, nidos de piedra y oxidación. Para los daños con grado 4 y 5, los más reincidentes son la eflorescencia, descascamiento, grietas en 1 dirección, acero de refuerzo expuesto, juntas obstruidas y filtración de aguas. Estos daños existen debido al nulo mantenimiento por parte de la Municipalidad o la comunidad, y son los daños con mayor presencia en la mayoría de los puentes con pocos años de

construidos, ya que son las primeras afectaciones que se dan en las estructuras de puentes. También, por causa de fenómenos naturales, ha habido crecidas en donde el arrastre de materiales como troncos y rocas han deteriorado la estructura, de manera que ha dejado elementos descascarados, con grietas o deformados.

A partir de los datos encontrados de las características físicas de los puentes y de los daños con mayor número de repeticiones en el inventario, se escogió un puente típico de concreto de viga tipo losa, ya que este puente contempla características físicas y estructurales de todos los puentes de concreto, los puentes de viga tipo losa son más numerosos en comparación con casi todos los tipos de puente existentes en el cantón, son fáciles de construir, poco costosos y con una longitud corta, que pueden llegar a ser importantes a tomar en cuenta por el tipo de cauces que existen en la actualidad y a diferencia de los puentes de viga de acero, estos pueden presentar los daños escogidos en su viga principal (en la losa) por lo que podría ser más esencial calcular los costos de intervención de un puente que posea todos los daños en su estructura principal, estos daños fueron: el descascaramiento, acero expuesto, juntas obstruidas, agrietamiento en una y dos direcciones, eflorescencia, y corrosión, también algunos de ellos presentan socavación en los bastiones y deformación del acero.

Por esta razón es importante dar mantenimiento periódico o preventivo a la estructura para evitar estos daños o alargar la vida del puente sin presencia de daños con mayor grado. Si ya se tienen puentes con daños de grado 2 y 3 entonces es importante intervenir en este momento, antes de que la estructura se deteriore más y ascienda a grados como el 4 y 5, además de que la intervención en la primera etapa es menos costosa que la intervención en grados mayores.

Según el Manual de Inspección de Puentes del MOPT (2007), estos grados de daños representan un inicio en el deterioro de los elementos, que se deberían de tratar con procedimientos simples o de bajo costo, para no llegar a intervenir con métodos de una complejidad aún más alta y con probabilidades de reconstrucción o reemplazo que representan mayor inversión.

El inventario de la red de puentes de El Guarco presenta una agrupación de daños de grado 4 a 5, donde la mayor cantidad de

repeticiones de daños es de eflorescencia, descascaramiento, grietas en una dirección y acero de refuerzo expuesto. Según el Manual de Inspección de Puentes del MOPT (2007), los daños en estos grados representan un deterioro considerable, en donde ya comprometen a elementos estructurales del puente y que se requieren métodos correctivos de mantenimiento mayores, lo que implica una mayor inversión de intervención y un desarrollo más acelerado de otros daños en la estructura, es el ejemplo del acero de refuerzo expuesto, el cual se dice que para un grado 4 el acero ya está oxidado, lo que da pie a una corrosión con pérdida de sección, con descascaramiento del concreto debido a la delaminación del acero, el resultado final es una pérdida de cualidades o desempeño estructural del elemento.

Por otro lado, si se permite que el puente permanezca muchos años con los daños en esa categoría (4 y 5) entonces se puede tener una pérdida total del puente y esto implica una sustitución total de la estructura, y por ende una gran inversión económica para la Municipalidad, y cabe recalcar que la Municipalidad no cuenta con una partida monetaria específica para la intervención de puentes según Gómez (junio, 2019), ya que utiliza parte del dinero destinado al mantenimiento de caminos para la intervención de puentes, y esto es una falencia más en la gestión vial municipal, debido a que no existe una metodología de intervención adaptada a las necesidades, los recursos y la realidad de la Municipalidad.

Actividades de intervención

Con el Manual para Mantenimiento de Puentes propuesto por Thomas Winiker como referencia, y el inventario elaborado a partir de los informes de inspección facilitados por el PEEP, se tomaron los daños más repetitivos para poder determinar las actividades de intervención, que se resumen del Cuadro 8 al Cuadro 18. En dichos cuadros se presentan aclaraciones que se deben de tomar en cuenta en el momento de proceder con el método de reparación, por lo que es de suma importancia que el encargado no omita este comentario. Las actividades tratan de la periodicidad de aplicación

de los métodos, productividad, en qué grados de daño es recomendable aplicar la reparación, condiciones climatológicas contraproducentes, condiciones ambientales, peligros implicados, exposición a sustancias, químicos y agentes, y condiciones extraordinarias. Después de la aclaración o descripción, se presentan las indicaciones para llevar a cabo las actividades, son indicaciones generales y funcionan para guiar a grandes rasgos al encargado de la reparación. Estas servirán para un desglose de tareas ya que son generales y encierran en ellas, otras subactividades que necesitan recursos más específicos. Se describe el proceso estándar, pero es importante mencionar que cada estructura es diferente y las condiciones externas juegan un papel influyente en la intervención.

Ciertas actividades requieren el uso de maquinarias que pueden ser peligrosas para el operador si no se tiene las precauciones del caso. La reparación del óxido que se explica en el Cuadro 8, indica que para pulir la superficie (hasta que tome un color mate), es decir, sin brillo alguno, hace uso de un compresor o una bomba que aplica un chorro de agua a presión, la presión es tal que puede ser perjudicial para la persona que esté manipulando el equipo y de las personas que lo rodean, lo que se recomienda en estos casos es definir previamente una vestimenta de seguridad. Otro de los equipos que puede ser de alta peligrosidad para los trabajadores es la arenadora o la granalladora. En un manual del Equipo de Protección de Operario de CYM Materiales S.A. (s.f) se definen tres tipos de zonas en el momento de trabajar en campo que se deben tomar en cuenta para escoger el equipo de seguridad: zona primaria, zona secundaria y zona terciaria. La primera, la zona primaria es el área más cercana a la arenadora y está en contacto con el chorro y rebote del abrasivo, el equipo esencial de seguridad consta de respiradores. La segunda, la zona secundaria, es el área que existe alta polución, pero bajo riesgo de recibir rebote de abrasivo, el equipo esencial de seguridad consta de respiradores. La última, la zona terciaria, se caracteriza por tener niveles admisibles de polución y ningún riesgo de estar en contacto con el abrasivo proyectado. Se recomienda cascos con gran ángulo de visibilidad, que ayuden a proteger del ambiente y las partículas en el aire, y tener una visibilidad del área de trabajo. Para la respiración humana, es necesario uno de los dos siguientes: un equipo de respirador de

filtro conectado a un equipo compresor o una bomba/soplador que toma el aire de atmosfera, lo filtra e impulsa hasta el casco de protección. Este ayuda a retener partículas pequeñas, aerosoles de aceite y agua.

Para completar los cuadros con las actividades de mantenimiento se añadieron especificaciones técnicas, estas especificaciones son las que definen la calidad y el estado de aprobación de los procedimientos para llevar a cabo la actividad de forma correcta, por lo que es de esencial importancia que el encargado de aplicar el método de reparación lo tome como referencia de aprobación de calidad del trabajo hecho en la estructura. Estas especificaciones técnicas corresponden a normas como la ASTM, AASTHO, CR-2010, CSCR-2014, MCV-2015, SSCP (Steel Structures Painting Council), Bridge Structure Maintenance and Rehabilitation Repair (Manual de Georgia) y especificaciones del ACI. A partir de estas normas se pueden crear instrumentos de evaluación e inspección de actividades de mantenimiento, y con ello, empezar una base de datos para crear un historial de intervenciones en las estructuras, esto ayudará a no solo que el encargado no dependa de su experiencia para evaluar el mantenimiento, sino que tenga un control a lo largo del tiempo, que puede servir de respaldo y para tomas de decisiones en el futuro.

Los puentes que presentan los daños seleccionados se listan, con el objetivo de que la Municipalidad pueda reconocerlos con mayor facilidad y así poder examinar con mayor detalle el informe de dichas estructuras.

Es importante destacar que 25 puentes de los 29 presentan una cantidad de daños menor a 3 de grados 4 y 5, es decir que estas estructuras presentan un conjunto de daños de grados mayores a 3, que al existir simultáneamente en todo el puente comprometen de manera significativa la función estructural. Si esto llega a pasar, no es conveniente considerar que sólo con las actividades de intervención que se plantean en este documento se pueda reparar el puente, ya que estas actividades se clasifican como mantenimiento preventivo o correctivo. Estos puentes requieren de una intervención mayor como lo es la reconstrucción o reemplazo, que deben ser planteados a partir de un análisis técnico más profundo. La existencia de los daños simultáneos se evidencia en los enlistados de los cuadros de las actividades de intervención, ya que

aparecen los códigos de puentes en varios cuadros. Esto significa que presentan diferentes daños de grados mayores a 3 en varios elementos de su estructura. Es el ejemplo del puente Río Estrella 3-08-028-01, que presenta daños de 4 y 5 en junta de expansión, losa, baranda de concreto, aletones y cuerpo principal del bastión.

Por último, las fotografías se añadieron con el fin de ilustrar cada actividad para que se pueda reconocer con mayor facilidad por parte de los operadores y otros particulares.

Costos unitarios de las actividades

Una vez definidas las actividades de intervención, el Cuadro 19 resume los recursos que debería utilizar la Municipalidad para realizar las actividades de intervención propuestas y se complementa con el Gráfico 6 para un mejor análisis. Este cuadro no menciona marcas ni modelos de equipo, ni sus capacidades o rendimientos, esto es porque la Municipalidad en el momento que quiera adquirir materiales o equipo debe de tomar en cuenta las normas de calidad mencionada anteriormente y comparar si el producto o maquinaria que vaya a utilizar cumpla con los requerimientos por estas normas de calidad, en los anexos de este documento se encuentran fichas técnicas de las cuales pueden servir de referencia para este propósito. Otro factor que pueda cambiar lo propuesto en el Cuadro 19 es la magnitud o complejidad del trabajo que se vaya a realizar y del sitio en donde se encuentre el puente. Se puede diseñar un proceso de intervención tal que puedan trabajar dos o más cuadrillas simultáneamente en la estructura. Esto podría provocar que se requiera mayor cantidad de trabajadores, pero con la misma cantidad de equipo, por ejemplo, que se amplíe la cantidad de cuadrillas, pero siempre utilizando una arenadora o compresor de aire para agilizar las labores en el puente. Es importante recalcar que este diseño de intervención debe estar a cargo de una persona técnicamente capacitada y teniendo como referencia lo descrito en el Cuadro 19.

En el Cuadro 20 y el

Cuadro 21 (precios unitarios en colones y en dólares respectivamente) se le asigna un código a cada una de las actividades y se presenta el precio total por metro cuadrado, metro lineal y metro cúbico según corresponda para cada actividad, para mayor facilidad de visualización de inversión, ya sea adquiriendo equipo en el extranjero o el costo de mano de obra. Es importante tomar en cuenta que los precios son por metro cuadrado MANTE-01 hasta MANTE-12 y MANTE-15, metro lineal para MANTE-13 y metro cúbico para MANTE-14, es por ello que, para el cálculo futuro de intervención, el precio de la actividad va a ser menor si el área afectada es menor a un metro cuadrado, metro lineal o metro cúbico. También, añadido a esto, este costo unitario de obra no contempla el gasto por insumos, los cuales toman en cuenta aspectos más detallados de la logística de la intervención como el transporte y señalamiento. Este costo mostrado en el Cuadro 20 y en el

Cuadro 21 cambia con la cantidad de superficie hay que intervenir pero el costo por insumos no es afectado por esto. Es decir, si el área de intervenir es 0,25 m², por ejemplo, el gasto por transporte va a ser prácticamente el mismo, ya que la cuadrilla se debe trasladar al sitio sin importar la cantidad de trabajo que deba realizar. Es el caso de una reparación de nidos de piedra y descascaramiento, que, por lo general, las áreas dañadas no superan el medio metro cuadrado o más bien lo supera, pero varios lugares de toda la estructura.

Otro aspecto que puede elevar el precio es el equipo que se utiliza. Algunas actividades, por ejemplo, utilizan chorreador de arena (arenadoras) que es un equipo caro y difícil de conseguir, así como el abrasivo utilizado. O la reparación de acero expuesto por medio de instalación de ánodos o sellado de grietas en losas de concreto o carpetas asfálticas, para citar otros ejemplos. Por otro lado, algunas de las actividades requieren de mano de obra especializada o gran recurso humano para llevar a cabo la actividad. Parte del proceso de colocar enrocados en el cuerpo principal de los bastiones requiere una maquinaria pesada como un back hoe o una retroexcavadora, entonces el operario debe ser especializado y con experiencia en manejar este equipo, lo que hace

que el costo de mano de obra se eleve más con respecto a otras tareas más simples que un ayudante puede realizar, por ejemplo, la limpieza general del puente. Además, otras tareas que no se contemplan es el paso regulado del tránsito, que, por su naturaleza, va a necesitar de mayor mano de obra para la coordinación del paso del tránsito y de gasto administrativo por el hecho de la tramitología que esto implica con la oficina de tránsito encargada. También se puede tomar en cuenta que en las comunidades del cantón existen comités de desarrollo cantonal o comunitario, que puede organizarse para proceder con las actividades que tienen menor complejidad, esto hace que el costo de la actividad se disminuya considerablemente por el ahorro en mano de obra que esto representa para la municipalidad. Para que los comités cantonales puedan realizar ciertas actividades de mantenimiento preventivo, deben de pasar primero por un proceso de capacitación y en el momento de intervenir debe de tener una supervisión técnica apropiada que evite accidentes y ayude a cumplir con las normas de calidad de la actividad.

Para primero saber el costo de la construcción de la obra (es decir, los costos directos), el Cuadro 22 se desglosa las actividades de la construcción y su costo (materiales, equipo y mano de obra). Este cuadro ayuda a analizar cuantitativamente los recursos utilizados para los métodos, lo que puede ser una herramienta útil en el momento de tomar una decisión para el ahorro en un futuro, así como una referencia para la Municipalidad si esta es la que lleva a cabo la actividad. El cálculo del costo del equipo se hizo partiendo del hecho de que la Municipalidad no cuenta con en el equipo mencionado en el Cuadro 26 (apéndices), pero no sucede así con las herramientas como pala, rastrillo, cucharas, baldes, cinta métrica, martillo, entre otros, donde se considera que la municipalidad cuenta con las herramientas básicas mencionadas anteriormente.

Cabe recalcar que los costos de mano de obra se tomaron de cotizaciones halladas en el SICOP, que es una plataforma tecnológica que cuenta con un sistema integrado de compras públicas, donde cualquier ente público licita compras de equipo, contratación de estudios, proyectos de diseño, construcción y administración, donde cualquier empresa puede participar para ganar la licitación mediante su oferta, siempre y cuando la empresa concursante

cumpla con los requisitos establecidos por la institución pública. A pesar que la Municipalidad ya tiene una planilla de trabajadores, el Cuadro 22 permite que el gobierno local pueda comparar si en un futuro sea más económico contratar personal de una empresa privada para intervenir los puentes, y no sus recursos.

Para efectos del costo de los materiales, se tomaron del SICOP, y precios de los depósitos de materiales de construcción, como EPA, El Lagar y Construplaza. Al contar con precios diferentes de un mismo material, entonces se decidió escoger el de precio medio para que la Municipalidad no tenga una referencia de precio que no sea tan baja ni tan alta al promedio. Los precios suministrados por estos depósitos pueden ser mayor a lo que una empresa privada o la Municipalidad pueda conseguir.

Es importante resaltar que se hizo un cálculo de imprevisto, de manera que, se sumó la inversión de los tres recursos anteriores y se aplicó un 5%. Con respecto a los imprevistos que se incluyeron en el costo total de las actividades, se puede identificar que existen factores que pueden generar sobrecostos, accidentes e inconvenientes que son difíciles de tener siempre bajo control, como los son el transporte o las tareas complejas como el arenado. El porcentaje podría variar de actividad en actividad. Por ejemplo, el sobrecosto que genera los problemas con la madera en la instalación de una formaleta lleva a que el porcentaje sea mayor al propuesto. O, por el contrario, que un método más simple como limpieza general tenga un riesgo de inconvenientes más bajo con respecto a las demás actividades, por lo que se puede requerir menos del 5% propuesto. Se puede tomar en cuenta un porcentaje diferenciado, pero queda sujeto a la opinión y experiencia de los constructores en cada proceso de intervención. El responsable o la administración de la obra no puede determinar estos imprevistos sin una base técnica que lo respalde. Uno de los métodos que es de uso común es una matriz de riesgo, la cual relaciona las probabilidades que pase un incidente con la gravedad del mismo. De esta forma puede tener un panorama más claro del riesgo que puede pasar cada actividad de intervención. Un imprevisto permite cubrir gastos extraordinarios de materiales o de transporte que se puede presentar en alguna estructura de puente.

Se obtuvieron costos para cada actividad de intervención enumeradas como MANTE-01 hasta MANTE-15, según el Cuadro 20 y el

Cuadro 21 el costo más alto lo tiene la actividad MANTE-09 según el Cuadro 22 esto se debe a que gran parte del costo se consume en materiales, lo segundo más costoso es la mano de obra. La segunda actividad que consume más dinero corresponde a MANTE-07, esta es la Reparación de nidos de piedra y sucede lo mismo que con la actividad anterior, donde la mayoría del dinero se invierte en materiales y en mano de obra. La tercera actividad de mantenimiento más costosa corresponde a MANTE-06, esta actividad tiene las mismas características que las dos actividades anteriores. En el caso de estas actividades más costosas, las tres tienen aspectos en común. El primero de ellos es que dichas actividades requieren de una arenadora, este equipo funciona para lanzar arena a presión y posee un costo significativo, esto puede observar en los costos de las tareas que se encuentra en anexos. El otro aspecto es que el costo de la arena lanzada a presión se calcula como parte del costo de los materiales por lo que la partida para los materiales en estas tres actividades es alta y, por último, estas actividades utilizan formaleta, por lo que se debe contemplar dentro de los materiales el costo de la formaleta. Todo esto se puede apreciar de mejor manera en el Gráfico 6, en donde se muestra que las barras correspondientes a materiales para las actividades mencionadas son considerablemente altas con respecto al equipo y la mano de obra, y las barras de materiales de las otras actividades

En cuanto a las actividades de intervención menos costosas están, MANTE-05 que, ya que esta actividad solo requiere de mano de obra y herramientas que tiene la municipalidad, y solo en caso de que haya material pesado en el río entonces es necesario equipo de fuerza como back hoe. En caso de la actividad MANTE-08 que es la segunda menos costosa, tiene las mismas características que MANTE-14, ya que requiere únicamente de mano de obra y herramientas simples como escoba, rastrillo, carretillo, agua, esponjas, entre otros. Con respecto a las demás actividades, la mayoría se encuentran entre

¢4 000,00/m² y ¢31 000,00/m² y son actividades con características variadas.

Una forma de llevar a cabo las actividades de intervención es por medio de una contratación externa de una empresa privada, que será la encargada de tomar en cuenta todos los aspectos hasta ahora mencionados. Pero para que la Municipalidad opte por esta opción, debe hacer una licitación para que las empresas presenten sus ofertas y participen. Para ello, se presenta una propuesta de cálculo de costos, que incluye los costos por insumos (transporte, señalamiento) y costos indirectos (gastos administrativos y utilidad), además de los costos directos e imprevistos ya calculados. De esta manera, la Municipalidad tendrá una referencia del costo unitario de intervención y pueda escoger de mejor manera la mejor oferta.

En el Cuadro 23 se presentan los costos desglosados en subtotales de 5 de las actividades de intervención, además que se complementa con el Gráfico 7, que son el resultado de los cálculos realizados y que se presentan en el apartado de anexos como renglones de pago detallados de estas mismas actividades. Se puede apreciar una tendencia de que los insumos representan un costo elevado en todas las 5 actividades, esto es porque se incluye en este el costo del transporte. Es importante dejar en claro que este costo de transporte es independiente a la cantidad de trabajo que se vaya a realizar en el puente. Por ejemplo, si los recursos se deben de movilizar hacia el sitio, va a tener el mismo costo si el área por intervenir es 1 m² o 10 m². Esta misma característica la tiene el gasto administrativo (personal y oficina). Si el diseño de proceso de intervención indica que se debe movilizar más material, equipo o trabajadores, este costo de por transporte puede variar. Se puede observar que en las actividades MANTE-03 y MANTE-08 el gasto por materiales, mano de obra y equipo es bajo con respecto al gasto administrativo, esto es porque estos tres recursos son bastante bajos para estas actividades, si se comparan con las demás actividades

A diferencia de los costos por insumos y por gastos administrativos, los costos generados por mano de obra y equipo sí varían con la cantidad de área intervenida, es decir, si se requiere intervenir 5 m² estos números van a aumentar. Este crecimiento va a estar directamente relacionado con la cantidad de trabajo intervención en la estructura. Por parte del

encargado de la dirección de la intervención se pueden reducir el aumento del costo de estas actividades mediante diseños de procesos de intervención, anteriormente mencionado, y que hace que se optimicen los recursos. Al hacer esto, se puede llegar a utilizar menos cantidad de equipo para realizar una cierta cantidad de trabajo. Por ejemplo, dos cuadrillas pueden utilizar la misma batidora, pero en tiempos diferentes.

Además del costo por insumos, los costos por materiales son de los más representativos, al ser el mayor costo en las actividades MANTE-06, MANTE-07 y MANTE-09. En los apéndices se presentan los renglones de pagos de estas actividades y se puede observar que poseen dos características a diferencia de las otras dos actividades. La primera de ellas es que estos métodos de intervención requieren de una gran cantidad de materiales, alrededor de 15 diferentes, y sin importar que sean pequeños, la suma total incrementa este apartado de los costos. Esto aplica tanto para la Municipalidad o para la empresa privada, ya que la mayoría de estos materiales no se encuentran en una caja de herramientas que se puede utilizar varias veces. Otra característica, es que las actividades requieren de acero, resina epóxica, arena, piedra, cemento y madera para formaleta, estos materiales generan desperdicios generando que al realizar compras en pequeñas cantidades no se vuelva una opción adecuada, afectando negativamente.

Conclusiones

A partir del inventario, se puede concluir lo siguiente:

- Se cuenta con una variedad amplia de tipos de puentes: 10 puentes de concreto reforzado, 9 de acero, 7 de concreto preforzado, 2 de acero de chasis de camión y 1 de troncos de madera. Según el tipo de viga, los puentes se clasifican de la siguiente manera: 13 de viga I, 6 viga losa, 4 viga canaleta, 3 viga T, 1 vigueta, 1 tronco y 1 de viga variable.
- Se reconocieron puentes hechizos dentro del inventario, es decir, existen puentes que no poseen planos de diseño ni los procesos constructivos fueron realizados por encargados técnicamente calificados.
- Estas construcciones hechizas fueron realizadas con elementos y materiales de poca o nula calidad o que no obedecen a un diseño estructural.
- La razón de la existencia de los puentes hechizos se puede deber a que los comités comunales llevaron a cabo la construcción de las estructuras sin el apoyo de profesionales técnicamente calificados. Además, probablemente la construcción de estructuras fue con materiales adquiridos por donaciones o por existencia en stock.

Las conclusiones con respecto a los daños presentes en los puentes fueron los siguientes:

- Algunas estructuras presentaron señales y daños propios de fenómenos naturales que llegaron a afectar de forma negativa a la estructura debido al arrastre de objetos e inundaciones.
- Los daños se presentan en la mayoría de los casos en la superestructura y en los accesorios. En menor medida, en la subestructura se encuentran daños con mayor gravedad o que comprometen la estructura.

- Existe 25 puentes que presentan una cantidad de daños mayor a 2 con grados de 4 y 5 en varias partes de su estructura, haciendo que las actividades preventivas o correctivas no sean la solución para la reparación.
- Los puentes con conjuntos de daños de grados mayores a 3 en varios elementos de su estructura probablemente requieran de una reconstrucción o reemplazo, pero solo se puede dictaminar esto a partir de un análisis estructural más detallado.

En cuanto a las actividades de intervención, se concluye que:

- La Municipalidad no tiene registro de actividades de mantenimiento en los puentes inspeccionados según datos suministrados por la Municipalidad y el PEEP en sus informes de inspección.
- El Manual de Mantenimiento de Puentes de Thomas Winiker propuesto en el 2019 y el Manual de Especificaciones Generales para la Conservación de Caminos, Carreteras y Puentes del MOPT (MCV), publicado en el 2015, resumen las normativas vigentes y procedimientos de las actividades de intervención de puentes necesarias en el país.
- Las normas nacionales de calidad de actividades de intervención están basadas en su mayoría en la AASHTO, en la ASTM y en el Bridge Structure Maintenance and Reahabilitation Repair (Manual de Georgia).

Al partir de las actividades de intervención y sus costos respectivos, se concluye que:

- Un diseño del proceso de intervención puede cambiar los costos de las actividades, haciendo que la inversión económica se reduzca o, por el contrario, se disminuya. Debe de ser revisado por el encargado de la intervención.

- El porcentaje de imprevistos puede ser ajustado dependiendo del proyecto y factores externos, haciéndolo aumentar o disminuir.
- Actividades como MANTE-06, MANTE-07 y MANTE-09 presentan los mayores costos debido al uso de equipo como la arenadora, el cual tiene un costo alto de alquiler y consume grandes cantidades de arena al ser lanzada a presión.
- Una alternativa que se puede optar si no se cuenta con el equipo y con los recursos para alquilarlo es la limpieza con cepillo de acero, aunque podría no ser igual de efectivo.
- Por el contrario, actividades como MANTE-03, MANTE-04 y MANTE-05 presentan los costos más bajos porque son actividades que requieren menos equipo y personal especializados.
- Se reconoció que el generador eléctrico y el abastecimiento de agua son equipos de suma importancia en la mayoría de las actividades de intervención por proveer de insumos básicos para los procedimientos como lo son la energía eléctrica y el agua.
- Los costos generados por las actividades tuvieron una tendencia de mayor a menor de la siguiente manera: Materiales, mano de obra y equipo, siendo este último en donde se pueda percibir un mayor ahorro a largo plazo si se adquiere y no se alquila.
- La mano de obra puede verse afectada por mayor complejidad de casos específicos o aislados. Una de las principales limitaciones al momento del cálculo de costos de las actividades de intervención fue no contar con un inventario del equipo y herramientas de la Municipalidad, además de los rendimientos de sus equipos, así como la cantidad de trabajadores, su experiencia, conocimientos y salarios para conocer características de la mano de obra. Lo que hace que los costos de mano de obra sean planteados por fuentes del SICOP y no propiamente de la municipalidad.
- El rendimiento es planteado de forma que se sea mayor para la empresa privada que

para un ente público, pero esto no es comprobado.

- El ajuste del costo de los insumos puede variar significativamente el costo total de las actividades de intervención, por su magnitud dentro de este total y la diferencia de distancias de transporte hasta los puentes que se puede presentar.
- El costo por imprevistos puede cambiar según sea la actividad y los factores externos que intervienen en la realización de los trabajos.
- Los gastos administrativos son calculados por medio de un porcentaje, aunque se puede calcular de forma más detallada si se cuenta con la información del personal y recursos de oficina utilizados.

Recomendaciones

Dentro de las principales recomendaciones que se pueden dar a partir de los hallazgos en este proyecto con respecto al inventario de los puentes de la red vial cantonal son las siguientes:

- Todas las municipalidades deberían contar con inventarios actualizados de la red de puentes existente para conocer los daños y buscar las maneras de intervenirlos.
- Además de poseer un inventario de puentes, es necesario un inventario de su equipo y maquinaria, con los rendimientos respectivos. Esto con el fin de calcular con mayor precisión los costos con los recursos disponibles y poder tomar decisiones para abaratar los costos.
- Es importante realizar inspecciones periódicas y a cargo de ingenieros capacitados, para contar con los datos actualizados de un inventario.
- Se recomienda crear una metodología de intervención de puentes que contemple aspectos no solo de daños, sino que contemple también, aspectos como la administración de fondos de la municipalidad y las necesidades de la comunidad donde se encuentre dicho puente.
- Los puentes que se categorizan como hechizos deben de intervenir con acciones mayores que las planteadas en este documento, como lo son el reemplazo o reconstrucción

Para llevar a cabo las actividades de intervención de la mejor manera se recomienda que:

- Contar con una caja de herramientas completa, que contenga todas las herramientas manuales básicas, para abaratar los costos y para no presupuestar herramientas como palas o martillos, entre otras.
- Es vital acatar las indicaciones de seguridad y de uso de equipos y materiales peligrosos a la hora de dar mantenimiento

al puente, así como en el momento de almacenar los materiales y el equipo.

- Se recomienda implementar actividades de mantenimiento periódico en las estructuras de los puentes, no esperar a que la estructura llegue al límite de su capacidad estructural.

Por último, para la parte de los costos de intervención de los puentes se debería tomar en cuenta lo siguiente:

- A partir de la implementación del nuevo Plan de Conservación y Desarrollo Vial Cantonal 2021-2026, sería útil para la Municipalidad compilar datos de costos reales de sus actividades de intervención de puentes a partir del periodo del Plan, ya sea actividades contratadas o realizadas por la Municipalidad, como una manera de crear su propia base de datos, que a su vez puede ser útil para otras municipalidades con necesidades similares.
- Se recomienda elaborar un instrumento para recopilar información en campo y así almacenarlos en la base de datos, lo que permitiría una estimación más realista de las actividades de intervención en un futuro.
- Una forma de abaratar los costos y optar por una opción más económica es calcular y comparar entre costos de adquisición de equipo (incluyendo el mantenimiento) y su alquiler.
- Revisar y ajustar los porcentajes de los costos indirectos dependiendo de las características de la obra, de la estructura y de los factores externos.
- La utilidad fue incluida dentro de los renglones de pagos calculados, pero la Municipalidad no debería tomarla en cuenta si es el ente que realizará las intervenciones.
- Como parte de los retos para la Municipalidad de El Guarco se encuentra, involucrar a los ciudadanos en actividades

de conservación vial, por lo que se recomienda realizar capacitaciones a las Asociaciones de Desarrollo Comunal para promover una conservación en conjunto con los vecinos, las actividades que pueden ser llevadas a cabo por personas de la comunidad son: Limpieza general del puente (MANTE-08) y Limpieza de los cauces para prevenir la socavación (MANTE-14).

- Se recomienda que la Municipalidad realice sesiones de capacitación dirigidas a estas asociaciones para que realicen las actividades según las indicaciones respectivas, según las normas de calidad y las normas de seguridad.
- Se recomienda proveer a las comunidades de acompañamiento técnico en los procesos de intervención de los puentes y no solo limitarse a capacitarlas.
- Se recomienda hacer una validación de los resultados obtenidos del proyecto si se quiere incorporarlos en el Plan de Conservación y Desarrollo Vial Cantonal de El Guarco 2021-2026.

Apéndices

Apéndice 1. Cuadro del inventario de puentes de El Guarco.

Cuadro 25. Información del inventario de puentes de la red del El Guarco.

CÓDIGO-MUNI	RIO/ QUEBRADA	TPD	Nombre del lugar	Longitud del puente (m)	Ancho del puente (m)	Material	Tipo de viga	Tipo Superestructura	Distrito
3-08-002-01	Río Purires	800	Tobosí	21,80	9,44	Concreto Presforzado	Viga Canaleta	Viga Simple	Tobosí
3-08-003-01	Río Purires	396	Barancas	30,50	7,45	Acero	Viga I	Viga Simple	El Tejar
3-08-006-01	Río Purires	435	Hacia Barranca	17,28	8,38	Concreto Presforzado	Viga Canaleta	Viga Simple	El Tejar
3-08-010-01	Quebrada Fierro	18	Tablón/Lastre	8,00	3,80	Acero (Chasis de camión)	Viga I	Viga Simple	Tobosí
3-08-035-02	Quebrada Presa	Sin Información	Sin información	3,97	4,10	Acero	Viga I	Viga Simple	Tobosí
3-08-035-01	Río Purires	Sin Información	De calle urbana hasta Tablón	12,40	3,80	Concreto Presforzado	Viga Canaleta	Viga Simple	Tobosí
3-08-111-01	Quebrada Víbora	165	Laminilla	3,18	4,47	Concreto Reforzado	Viga T	Viga Simple	Tobosí
3-08-016-01	Río Purires	35	Tobosi	15,40	3,50	Acero	Viga I	Viga Simple	Tobosí
3-08-018-01	Quebrada Fierro	0	De calle urbana hasta Tablón	5,00	5,66	Concreto Reforzado	Viga Losa	Viga Simple	Tobosí
3-08-018-03	Río Purires	0	De calle urbana hasta Tablón	9,20	3,68	Concreto Reforzado	Viga Losa	Viga Simple	Tobosí
3-08-196-01	Río Purires	40	Tablón	11,18	4,06	Acero	Viga I	Viga Continua	Tobosí

(Continuación del Cuadro 25)

CÓDIGO-MUNI	RIO/ QUEBRADA	TPD	Nombre del lugar	Longitud del puente (m)	Ancho del puente (m)	Material	Tipo de viga	Tipo Superestructura	Distrito
3-08-014-01	Río Macho	23	Macho Gaff 2	14,00	3,87	Acero (Chasis de camión)	Viga I	Otros	San Isidro
3-08-017-01	Río Purires	Sin Información	Macho Gaff 1	10,80	3,70	Madera (Troncos)	Tronco	Otros	San Isidro
3-08-021-01	Río Macho	31	La Esperanza	7,50	4,80	Concreto Reforzado	Viga I	Viga Simple	San Isidro
3-08-050-01	Río Empalme	81	Tajo	5,90	4,15	Concreto Reforzado	Viga Losa	Viga Simple	San Isidro
3-08-165-01	Quebrada Jiménez	19	La Luchita	8,00	5,90	Concreto Reforzado	Viga Losa	Otros	San Isidro
3-08-028-01	Río Estrella	38	Sin información	15,85	3,37	Acero	Viga I	Viga Simple	San Isidro
3-08-042-01	Río Estrella	60	Estrella	7,25	3,82	Concreto Reforzado	Viga I	Viga Simple	San Isidro
3-08-046-02	Río Estrella	0	Río la Estrella	8,50	3,85	Acero	Viga I	Otros	San Isidro
3-08-113-01	Quebrada Lisita	33	Sin información	2,27	3,40	Concreto Reforzado	Viga Losa	Viga Simple	San Isidro
3-08-040-01	Quebrada Pedregal	0	1990-1994-Calderón	13,50	5,66	Acero	Viga I	Viga Simple	San Isidro
3-08-161-01	Quebrada Pedregal	70	ruta higuito	6,05	6,02	Concreto Presforzado	Viga T	Viga Simple	San Isidro
3-08-095-01	Río Lobo	40	ruta higuito	5,30	4,00	Concreto Reforzado	Viga Variable	Viga Simple	San Isidro
3-08-153-01	Quebrada Guatuso	270	ruta higuito	10,50	3,70	Concreto Presforzado	Vigueta	Viga Simple	San Isidro
3-08-070-01	Quebrada Guatuso	55	ruta higuito	5,46	4,55	Concreto Reforzado	Viga Losa	Viga Simple	San Isidro
3-08-139-01	Quebrada Sin Nombre	0	Agua Caliente	6,82	11,13	Concreto Presforzado	Viga Canaleta	Otros	El Tejar
3-08-124-01	Hacienda Vieja	0	Hacienda	29,30	10,35	Concreto Reforzado		Marco Rígido	El Tejar
3-08-150-01	Río Reventado	345	Santa Gertrudis	30,48	4,30	Acero	Viga I	Viga Continua	El Tejar
3-08-041-01	Río Purires	Sin Información	Purires	15,35	4,27	Acero	Viga I	Viga Simple	San Isidro

Fuente: Elaboración propia, datos facilitados por el PEEP.

Apéndice 2. Cuadros de costos presupuestados.

Cuadro 26. Precio de materiales, mano de obra, equipo y actividades.

Clasificación	Equipo / Mano de obra / Material	Costo unitario (₡)	Costo unitario (\$)	unidad
Materiales	Concreto estructural CLASE B 280 kg/cm2 hecho en sitio	180 723,82	317,06	m3
	Varilla Grado 40 #3 x 6 metros	1 610,00	2,82	unidad
	Señalización vertical	45 000,00	78,95	unidad
	Señalización horizontal	748,15	1,31	m
	Señalamiento preventivo	45 000,00	78,95	unidad
	Cemento	7 920,00	13,89	saco
	Piedra	19 800,00	34,74	m3
	Arena	19 800,00	34,74	m3
	Tabla madera semidura 1x12 pulgadas para formaleta	3 850,00	6,75	m2
	Madera Pino Seco 3.20 metros cepillado 1x3 pulg (19x65mm) regla	1 900,00	3,33	unidad
	Pintura óxido zinc	26 000,00	45,61	gal
	Anticorrosivo	17 000,00	29,82	gal
	Pernos 7/8 (SUMINISTRADO MOPT)	2 300,00	4,04	unidad
	Placas acero e=12.7mm (SUMINISTRADO MOPT)	175 000,00	307,02	unidad
	Placas acero e=25.4mm	470 000,00	824,56	unidad
	Canal 5x9" de 6m	130 000,00	228,07	unidad
	Concreto 210 kg/cm2	100 000,00	175,44	m3
	Concreto f'c 180kg/cm2	87 500,00	153,51	m3
	Piedra bruta	1 260 000,00	210,53	m3
	Soldadura 6013 3/32	2 405,60	4,22	kg
Accesorios de acero	600,00	1,05	kg	

(Continuación del Cuadro 26)

Clasificación	Equipo / Mano de obra / Material	Costo unitario (₡)	Costo unitario (\$)	unidad
Materiales	Relleno	7 500,00	13,16	m3
	Alambre negro	780,00	1,37	kg
	Almohadilla de Neopreno	120 000,00	210,53	unidad
	Junta de expansión	40 000,00	70,18	m
	Pilote de acero estructural hp12x53	738 000,00	294,74	1 unidad
	Vigas de acero W36x194 en 50 ft	1 090,00	1,91	kg
	Pintura epóxica	50 000,00	87,72	gal
	Pintura epóxica vinílica	45 000,00	78,95	gal
	Sistema Flexbeam	40 000,00	70,18	m
	Acero A36 Suplido	500,00	0,88	kg
	Acero galvanizado para soporte de rótulo	12 000,00	21,05	unidad
	Derecho de botadero	200 000,00	350,88	m3
	Agua (tarifa construcción)	2 344,00	4,11	m3
	Acetileno	76 620,85	134,42	cilindro
	Disco de cortar metal	2 251,41	3,95	unidad
	Electrodos de carbón	615,00	1,08	unidad
	Oxígeno	11 714,63	20,55	cilindro
	Clavos	800,00	1,40	kg
	Curador concreto (2m2/l)	925,88	1,62	l
	Desmoldante (121m2/lit)	3 223,00	5,65	l
	Ties para formaleta	397,31	0,70	unidad
	Acero A572 Gr50 (perfiles W)	750,67	1,32	kg
Acero A572 Gr50 (perfiles Channel)	10 022,34	17,58	kg	
Acero A572 GR50 (perfiles angulares)	1 000,89	1,76	kg	
Acero A572 GR50 (láminas)	886,50	1,56	kg	

(Continuación del Cuadro 26)

Clasificación	Equipo / Mano de obra / Material	Costo unitario (₡)	Costo unitario (\$)	unidad
Materiales	Perno 7/8" A325 (2.5" - 3 3/4")	1 208,63	2,12	unidad
	Pintura anticorrosiva acabado	2 550,00	4,47	m2
	Pintura anticorrosiva intermedia	2 400,00	4,21	m2
	Pintura anticorrosiva base	2 400,00	4,21	m2
	Oxiacetileno	111 340,00	195,33	carga
	Tubo HN 100x100x2.38mm	35 676,58	62,59	unidad
	Tubo HN 76 x 76 x 2,4mm	25 800,00	45,26	unidad
	Angular 2 1/2"x 2 1/2"x4,75mm x 6m	16 500,00	28,95	unidad
	Pernos de anclaje	73 450,00	128,86	unidad
	Sikagrout 212 (mortero sin contracción) 30 kg	27 641,93	48,49	saco
	Sello de hule	13 534,96	23,75	m
	Cinta reflectiva alta visibilidad rojo/blanco	2 000,00	3,51	m
	Concreto premezclado 280 kg/cm2	77 744,00	136,39	m3
	Epóxico adhesivo	37 855,00	66,41	l
	Malla electrosoldada	2 445,59	4,29	kg
	Gasolina	632,00	1,11	l
	Lija	5 890,00	10,33	rollo
	Ácido muriático	1 195,00	2,10	l
	Brocha 2"	1 728,65	3,03	unidad
	Rodillo 9"	1 333,40	2,34	unidad
	Llaneta 11"X5" (279X127mm)	3 365,00	5,90	unidad
	Coridón blanco	932,00	1,64	kg
	Tubo PVC 2" (6 m)	12 900,00	22,63	unidad
	Silicona	3 695,00	6,48	unidad
Pistola para silicona	6 150,00	10,79	unidad	
Backer Road	80,00	0,14	m	

(Continuación del Cuadro 26)

Clasificación	Equipo / Mano de obra / Material	Costo unitario (₡)	Costo unitario (\$)	unidad
Materiales	Aditivo plastificante	2 748,24	4,82	m3
	Alambre negro	780,00	1,37	kg
	Resina epóxica 600 ml	21 000,00	36,84	unidad
	Sellador de grietas de asfalto 5 galones	40 700,00	71,40	cubeta
	Ánodo para protección catódica	4 060,00	7,12	kg
Equipo	Cabinas sanitarias (costo hora)	150 000,00	263,16	global
	Equipo menor	5 500,00	9,65	h
	Retroexcavadora	471 428,57	827,07	unidades/día
	Vagoneta	12 000,00	21,05	h-viaje
	Automezcladora de concreto	18 321,60	32,14	unidades/día
	Vibrador	25 240,38	44,28	unidades/día
	Trailer	185 000,00	324,56	unidades/día
	Grúa	450 000,00	789,47	unidades/día
	Máquina de soldadura	2 000,00	3,51	h
	Máquina de pintura	2 000,00	3,51	h
	Hormigonera	25 000,00	43,86	h-m3
	Excavadora	30 000,00	52,63	h-viaje
	Equipo de corte	15 000,00	26,32	unidades/día
	Equipo de soldar	23 000,00	40,35	h
	Compactador manual	5 000,00	8,77	h
	Camión liviano	1 154,00	2,02	h-viaje
	Grúa	35 000,00	61,40	h
Back hoe	1 500,00	2,63	h	

(Continuación del Cuadro 26)

Clasificación	Equipo / Mano de obra / Material	Costo unitario (₡)	Costo unitario (\$)	unidad
Equipo	Generador eléctrico	5 000,00	8,77	unidades/día
	Batidora	5 000,00	8,77	h
	Rompedora	40 000,00	70,18	h
	Compresor	8 790,00	15,42	h
	Martillo para excavador	36 000,00	63,16	h
	Plancha vibratoria	1 648,69	2,89	h
	Equipo de oxicorte	1 465,00	2,57	h
	Pulidora/Lijadora	2 536,00	4,45	h
	Bomba telescópica	11 300,00	19,82	m3
	Escuadras de formaleta para puentes	2 637,00	4,63	ml
	Formaleta metálica 1x8	4 248,00	7,45	mes
	Puntal metálico 4X	1 992,40	3,50	mes
	Máquina de corte plasma	58 600,00	102,81	día
	Taladro magnético	2 051,00	3,60	h
	Andamio de un cuerpo	11 309,80	19,84	mes
	Bomba de agua a presión	20 000,00	35,09	unidad/día
	Compresor de aire	15 000,00	26,32	unidad/día
	Chorro de arena	23 700,00	41,58	unidad/día
	Lona	4 600,00	8,07	unidad/día
	Motosierra	184 999,00	324,56	unidad
Tanque de agua (5000 gal)	18 598,39	32,63	unidades/día	
Multímetro	58 545,00	102,71	unidad	
Mano de obra	Hora Maestro Obras	4 200,00	7,37	h
	Hora operario	2 000,00	3,51	h
	Hora peón	1 950,00	3,42	h
	Soldador	3 945,70	6,92	h

(Continuación del Cuadro 26)

Clasificación	Equipo / Mano de obra / Material	Costo unitario (₡)	Costo unitario (\$)	unidad
Mano de obra	Chofer vagoneta	2 000,00	3,51	h
	Operador excavadora	2 800,00	4,91	h
	Operador grúa	2 000,00	3,51	h
	Operador de Back hoe	2 000,00	3,51	h
	Operador de retroexcavador	2 000,00	3,51	h
	Albañil	2 700,00	4,74	h
	Carpintero	2 700,00	4,74	h
Actividades	Colocar y quitar formaleta	3 649,48	6,40	h
	Colar concreto	3 649,48	6,40	h
	Repellar	3 649,48	6,40	h
	Limpiar puente y dar mantenimiento de vigas de puente	25 300,00	44,39	unitario
	Suministrar y colocar demarcación vial vertical que indique la rotulación del Puente a ambos lados (con poste)	82 100,00	144,04	unitario
	Hacer y colocar concreto ciclópeo en Puente	125 000,00	219,30	unitario
	Construir aceras y cordón de caño sobre el puente	38 626,69	67,77	m
	Construir aceras y cordón y caño sobre aproximaciones	43 091,98	75,60	m
	Demoler concreto	80 017,96	140,38	m3
	Pintar baranda	18 310,77	32,12	m
	Hacer limpieza general	3 546,29	6,22	m2
	Construir bastiones y pedestal para placa	172 802,40	303,16	m3
	Rellenar bastiones	15 026,30	26,36	m3
	Colocar almohadillas elastoméricas	150 263,00	263,62	unidad
	Colocar junta de expansión impermeable	82 644,60	144,99	m
	Pintar estructura (epóxica)	22 539,44	39,54	m2

(Continuación del Cuadro 26)

Clasificación	Equipo / Mano de obra / Material	Costo unitario (₡)	Costo unitario (\$)	unidad
Actividades	Excavar	3 005,26	5,27	m3
	Colocar pilote de acero estructural	788 399,70	383,16 ¹	unidad
	Colocar enrocado de piedra con mortero	93 914,35	164,76	m3
	Colocar vigas de acero estructural	1 051,84	1,85	kg
	Colocar concreto estructural en losa	180 315,57	316,34	m3
	Construir relleno de aproximación (incluyendo material de préstamo, base y subbase)	15 026,30	26,36	m3
	Construir y colocar de baranda New Jersey	90 157,77	158,17	m
	Construir y colocar baranda Flex Beam	67 618,33	118,63	m
	Construir y colocar de baranda de protección peatonal	60 105,20	105,45	m
	Cortar y doblar acero de refuerzo	165,68	0,29	kg
	Construir juntas de expansión	71 698,22	125,79	m

Fuente: Elaboración propia, datos extraídos del SICOP.

Cuadro 27. Rendimientos de equipos y actividades.

Nombre de la actividad o insumo	Rendimiento	Unidad
Lavado con agua a presión	8,33	m2 / h
Cantidad de agua para lavado con agua a presión	0,9	m3 / h
Gasto gasolina de Hilux 2007 en ciudad	0,071	km / l
Aire comprimido	50	m2 / h
Inhibidor de óxido	37	m2 / gal
Gasto de corindón por hora para maquina areanadora Larius con boquilla Venturi (cierre tubular)	65	kg / h
Arenador por metro cuadrado	30	m2 / h
Cantidad de corindón por metro cuadrado	2,17	kg / m2

Fuente: Elaboración propia, datos extraídos del SICOP.

Cuadro 28. Desglose de los costos de obra de actividades de mantenimiento de puentes MANTE-01.

Código	Actividades de reparación/Refuerzo	Sub-actividad	Desglose	Unidad	Costo unitario (₡)	Costo unitario (\$)		
MANTE-01	Eliminación de la oxidación mediante la limpieza con chorro de agua	Limpieza con chorro de agua a presión	Transportar y descargar los equipos del vehículo de transporte	m ²	691,80	1,21		
			Conectar los equipos	m ²	-	-		
			Iniciar de los equipos motorizados y eléctricos	m ²	225,23	0,40		
			Aplicación del chorro de agua a presión	m ²	809,68	1,42		
		Secado de superficie con aire a presión	Iniciar de los equipos motorizados y eléctricos	m ²	225,23	0,40		
			Aplicación del aire a presión	m ²	470,85	0,83		
		Aplicar el inhibidor de óxido	Aplicar el producto	m ²	599,92	1,05		
			Limpiar exceso	m ²	307,13	0,54		
			Dejar que se genere la reacción entre el convertidor y el metal	m ²	-	-		
			Aplicar primario anticorrosivo	m ²	562,93	0,99		
			Dar acabado según la superficie que sea	m ²	225,23	0,40		
			Limpiar el área de trabajo	Desarmar el equipo motorizado y eléctrico	m ²	225,23	0,40	
		Cargar el equipo utilizado en el vehículo de transporte		m ²	228,11	0,40		
		Barrer los residuos y escombros		m ²	225,23	0,40		
		Desechar utensilios de un solo uso		m ²	2 304,80	4,04		
		TOTAL MANTE-01 / m²					7 101,34	12,46

Fuente: Elaboración propia, datos extraídos del SICOP.

Cuadro 29. Desglose de los costos de obra de actividades de mantenimiento de puentes MANTE-02.

Código	Actividades de reparación/Refuerzo	Sub-actividad	Desglose	Unidad	Costo unitario (₡)	Costo unitario (\$)		
MANTE-02	Detención del proceso de corrosión mediante la limpieza y aplicación de pintura anticorrosiva en superficies nuevas o con la totalidad de la pintura existente removida	Proteger las superficies adyacentes con lona	Desplegar la lona en donde se quiera proteger	m ²	426,48	0,75		
			Instalar pines sujetadores para sostener la lona en su lugar	m ²	450,63	0,79		
		Limpieza con chorro de arena	Transportar y descargar los equipos del vehículo de transporte	m ²	416,57	0,73		
			Conectar de los equipos	m ²	-	-		
			Iniciar de los equipos motorizados y eléctricos	m ²	225,23	0,40		
			Ajustar la boquilla según la superficie en donde se va a aplicar el chorro	m ²	227,86	0,40		
			Aplicación del chorro de arena	m ²	2 492,13	4,37		
			Aplicar pintura anticorrosiva	Aplicar capa de pintura anticorrosiva	m ²	707,66	1,24	
		Dejar que seque		m ²	-	-		
		Limpiar el área de trabajo	Desarmar el equipo motorizado y eléctrico	m ²	225,23	0,40		
			Cargar el equipo utilizado en el vehículo de transporte	m ²	228,11	0,40		
			Barrer los residuos y escombros	m ²	225,23	0,40		
			Desechar utensilios de un solo uso	m ²	2 304,80	4,04		
		TOTAL MANTE-02 / m²					7 929,91	13,91

Fuente: Elaboración propia, datos extraídos del SICOP.

Cuadro 30. Desglose de los costos de obra de actividades de mantenimiento de puentes MANTE-03.

Código	Actividades de reparación/Refuerzo	Sub-actividad	Desglose	Unidad	Costo unitario (₡)	Costo unitario (\$)
MANTE-03	Remoción de la eflorescencia mediante método manuales	Cepillar o lijar manualmente la superficie	Aplicar agua si se va a utilizar lija	m ²	957,79	1,68
			Cepillar o lijar	m ²	1791,51	3,14
			Barrer residuos	m ²	558,54	0,98
			Desechar residuos	m ²	2407,20	4,22
		TOTAL MANTE-03 / m²				5 715,03

Fuente: Elaboración propia, datos extraídos del SICOP.

Cuadro 31. Desglose de los costos de obra de actividades de mantenimiento de puentes MANTE-04.

Código	Actividades de reparación/Refuerzo	Sub-actividad	Desglose	Unidad	Costo unitario (₡)	Costo unitario (\$)
MANTE-04	Remoción de la eflorescencia utilizando lijadora electromecánica	Lijar con la maquina	Descargar el equipo del vehículo	m ²	345,90	0,61
			Conectar el equipo	m ²	0,00	0,00
			Encender el generador eléctrico	m ²	0,00	0,00
			Instalar las lijas en la lijadora electromecánica	m ²	315,00	0,55
			Lijar con la máquina	m ²	1815,31	3,18
		Limpiar el polvo del área	Barrer residuos	m ²	558,54	0,98
			Desechar residuos	m ²	2407,20	4,22
		TOTAL MANTE-04 / m²				5 441,95

Fuente: Elaboración propia, datos extraídos del SICOP.

Cuadro 32. Desglose de los costos de obra de actividades de mantenimiento de puentes MANTE-05.

Código	Actividades de reparación/Refuerzo	Sub-actividad	Desglose	Unidad	Costo unitario (₡)	Costo unitario (\$)		
MANTE-05	Remoción de la eflorescencia lavando con soluciones ácidas	Saturar el concreto con agua limpia	Conectar la manguera a la fuente de agua	m ²	0,00	0,00		
			Aplicar chorro de agua en la superficie	m ²	498,22	0,87		
		Preparar y aplicar la solución de ácido muriático diluido en agua	Verter los líquidos en un recipiente limpio o en el envase del ácido	m ²	879,48	1,54		
			Mezclar con ayuda de una vara o una paleta, sin contaminar el líquido	m ²	252,10	0,44		
		Aplicar solución con algún instrumento hasta que no haya efervescencia	Remover con una cuchara de albañilería las partículas más gruesas	m ²	307,20	0,54		
			Aplicar con brocha o esponja el ácido	m ²	740,05	1,30		
			Asegurarse que las sisas y los rincones se haya aplicado el líquido	m ²	0,00	0,00		
		Lavar con agua limpia la zona	Aplicar un chorro de agua	m ²	498,22	0,87		
			Pasar una esponja húmeda con agua (sin ácido) por las sisas y rincones	m ²	433,61	0,76		
			Aplicar de nuevo el chorro de agua	m ²	498,22	0,87		
		TOTAL MANTE-05 / m²					4107,09	7,21

Fuente: Elaboración propia, datos extraídos del SICOP.

Cuadro 33. Desglose de los costos de obra de actividades de mantenimiento de puentes MANTE-06.

Código	Actividades de reparación/Refuerzo	Sub-actividad	Desglose	Unidad	Costo unitario (₡)	Costo unitario (\$)
MANTE-06	Reparación del descascaramiento	Identificar el área dañada	Golpear la superficie con un martillo	m ²	307,13	0,54
		Marcar con una tiza el área dañada	Rayar con tiza el área	m ²	204,75	0,36
			Medir 30 cm del límite de área	m ²	112,61	0,20
			Definir y rayar el perímetro final	m ²	112,61	0,20
			Cortar con sierra el concreto	Posicionar el verticalmente la sierra	m ²	0,00
		Cortar hasta 3 cm de profundidad		m ²	585,11	1,03
		Estar atento a no cortar ni dañar la armadura existente		m ²	0,00	0,00
		Demoler con martillo	Demoler con martillo hasta romper el concreto de la zona marcada	m ²	307,13	0,54
		Limpieza con chorro de arena	Descargar los equipos del vehículo de transporte	m ²	345,90	0,61
			Conectar los equipos	m ²	0,00	0,00
			Inicio de los equipos motorizados y eléctricos	m ²	112,61	0,20
			Ajustar la boquilla según la superficie en donde se va a aplicar el chorro	m ²	112,61	0,20
			Aplicar chorro de arena	m ²	2686,64	4,71
		Aplicar aire comprimido	Iniciar de los equipos motorizados y eléctricos	m ²	0,00	0,00
			Aplicar del aire a presión	m ²	470,85	0,83
		Fijar una varilla con alambre negro	Cortar los trozos de alambre negro	m ²	273,26	0,48
			Medir y cortar la varilla (50 cm de longitud)	m ²	332,24	0,58
			Amarrar el trozo de varilla a la armadura expuesta del elemento del concreto reforzado	m ²	194,51	0,34
		Aplicar el inhibidor de óxido	Aplicar el producto	m ²	1027,42	1,80
			Limpiar exceso	m ²	90,09	0,16

Código	Actividades de reparación/Refuerzo	Sub-actividad	Desglose	Unidad	Costo unitario (₺)	Costo unitario (\$)
MANTE-06	Reparación del descascaramiento	Aplicar el inhibidor de óxido	Dejar que se genere la reacción entre el convertidor y el metal	m ²	0,00	0,00
			Aplicar primario anticorrosivo	m ²	734,53	1,29
			Dar acabado según la superficie que sea	m ²	90,09	0,16
		Colocar la formaleta	Medir el área en donde se instale la formaleta	m ²	112,61	0,20
			Medir y cortar la tabla y reglas de madera	m ²	4233,86	7,43
			Cortar el espacio en donde se vaya a verter el concreto	m ²	191,36	0,34
			Clavar la madera a la superficie	m ²	594,09	1,04
		Colocación de epóxico	Medir los volúmenes de resina y endurecedor según su ficha técnica	m ²	90,09	0,16
			Agitar por 2 o 3 minutos	m ²	90,09	0,16
			Imprimir la superficie con una capa de resina epóxica, procurando un espesor de 6 mm a 10 mm de las capas	m ²	7982,67	14,00
		Colocar el concreto	Preparar las cantidades de piedra, arena y cemento para una lechada de concreto	m ²	112,61	0,20
			Instalar la fuente de abastecimiento de agua	m ²	0,00	0,00
			Mezclar los agregados con el cemento y el agua	m ²	4725,53	8,29
		Aplicar otra capa de resina epóxica	Limpiar la capa con una tela humedecida con solvente periódicamente	m ²	203,37	0,36
			Darle acabado final con la llaneta	m ²	130,28	0,23
			Limpiar las herramientas con solvente luego de su uso	m ²	175,35	0,31
		Compactar con vibradores de inmersión	Sumergir los vibradores dentro del concreto	m ²	90,09	0,16

Código	Actividades de reparación/Refuerzo	Sub-actividad	Desglose	Unidad	Costo unitario (₡)	Costo unitario (\$)
MANTE-06	Reparación del descascaramiento	Compactar con vibradores de inmersión	Mover los vibradores a lo largo de toda la mezcla vertida	m ²	355,11	0,62
		Curar el concreto	Rociar la superficie de concreto con agua	m ²	309,18	0,54
		TOTAL MANTE-06 / m²				27 496,40

Fuente: Elaboración propia, datos extraídos del SICOP.

Cuadro 34. Desglose de los costos de obra de actividades de mantenimiento de puentes MANTE-07.

Código	Actividades de reparación/Refuerzo	Sub-actividad	Desglose	Unidad	Costo unitario (₡)	Costo unitario (\$)
MANTE-07	Reparación de nidos de piedra	Identificar el área dañada	Golpear la superficie con un martillo	m ²	307,13	0,54
		Marcar con una tiza el área dañada	Rayar con tiza el área	m ²	204,75	0,36
			Medir 30 cm del límite de área	m ²	63,06	0,11
			Definir y rayar el perímetro definitivo	m ²	112,61	0,20
		Cortar con sierra el concreto	Posicionar el verticalmente la sierra	m ²	0,00	0,00
			Cortar hasta 3 cm de profundidad	m ²	585,11	1,03
			Estar atento a no cortar ni dañar la armadura existente	m ²	0,00	0,00
		Demoler con martillo	Romper todo el concreto de la zona dañada	m ²	228,11	0,40
		Aplicar chorro de arena	Descargar los equipos del vehículo de transporte	m ²	345,90	0,61
			Conectar los equipos	m ²	0,00	0,00
			Inicio de los equipos motorizados y eléctricos	m ²	0,00	0,00
			Ajustar la boquilla según la superficie en donde se va a aplicar el chorro	m ²	63,06	0,11
			Aplicación del chorro de arena	m ²	2686,64	4,71
		Fijar varilla de refuerzo con alambre negro	Cortar los trozos de alambre negro	m ²	112,61	0,20
			Medir y cortar la varilla con sierra	m ²	191,36	0,34

(Continuación del Cuadro 34)

Código	Actividades de reparación/Refuerzo	Sub-actividad	Desglose	Unidad	Costo unitario (₡)	Costo unitario (\$)
MANTE-07	Reparación de nidos de piedra		Amarrar el trozo de varilla a la armadura expuesta del elemento del concreto reforzado	m ²	144,96	0,25
		Aplicar inhibidor de corrosión	Aplicar el producto	m ²	1003,43	1,76
			Limpiar exceso	m ²	63,06	0,11
			Dejar que se genere la reacción entre el convertidor y el metal	m ²	0,00	0,00
			Aplicar primario anticorrosivo	m ²	710,54	1,25
			Dar acabado según la superficie que sea	m ²	307,13	0,54
		Aplicar aire comprimido	Conectar los equipos	m ²	0,00	0,00
			Inicio de los equipos motorizados y eléctricos	m ²	0,00	0,00
			Aplicación del aire a presión	m ²	270,11	0,47
		Instalar formaleta	Medir el área en donde se instale la formaleta	m ²	63,06	0,11
			Medir y cortar la tabla y reglas de madera	m ²	4233,86	7,43
			Cortar el espacio en donde se vaya a verter el concreto	m ²	191,36	0,34
			Clavar la madera a la superficie	m ²	112,61	0,20
		Aplicar resina epóxica	Medir los volúmenes de resina y endurecedor según su ficha técnica	m ²	63,06	0,11
			Agitar por 2 o 3 minutos	m ²	63,06	0,11
			Imprimir la superficie con una capa de resina epóxica, procurando un espesor de 6 mm a 10 mm de las capas	m ²	7982,67	14,00
			Colocar el concreto	m ²	4646,51	8,15
			Aplicar otra capa de resina epóxica	m ²	261,80	0,46
			Limpiar la capa con una tela humedecida con solvente periódicamente	m ²	203,37	0,36
			Darle acabado final con la llaneta	m ²	130,28	0,23

(Continuación del Cuadro 34)

Código	Actividades de reparación/Refuerzo	Sub-actividad	Desglose	Unidad	Costo unitario (₡)	Costo unitario (\$)
MANTE-07	Reparación de nidos de piedra		Limpiar las herramientas con solvente luego de su uso	m ²	175,35	0,31
		Compactar con vibradores de inmersión	Sumergir los vibradores dentro del concreto fresco	m ²	90,09	0,16
			Mover los vibradores a lo largo de toda la mezcla vertida	m ²	355,11	0,62
		Curar el concreto	Rociar la superficie de concreto con agua	m ²	309,18	0,54
		Limpiar el área de trabajo	Barrer residuos	m ²	225,23	0,40
			Gestionar residuos	m ²	2304,80	4,04
		TOTAL MANTE-07 / m²				

Fuente: Elaboración propia, datos extraídos del SICOP.

Cuadro 35. Desglose de los costos de obra de actividades de mantenimiento de puentes MANTE-08.

Código	Actividades de reparación/Refuerzo	Sub-actividad	Desglose	Unidad	Costo unitario (₡)	Costo unitario (\$)		
MANTE-08	Limpieza general del puente	Barrer juntas	Quitar escombros y objetos que contaminen la junta	m ²	225,23	0,40		
		Cepillar juntas	Quitar suciedad adherida a la superficie	m ²	225,23	0,40		
		Aplicar agua a presión	Descargar el equipo del vehículo	m ²	304,01	0,53		
			Conectar las mangueras y accesorios al equipo de dispensador de agua	m ²	0,00	0,00		
			Encender el generador eléctrico	m ²	0,00	0,00		
			Chorrear agua hasta quitar restos de suciedad, basura, escombros, aceite, colonias de animales u otros	m ²	498,22	0,87		
			Quitar objetos que puedan dañar las herramientas	m ²	112,61	0,20		
		Remover vegetación en el derecho de vía	Cortar la vegetación con machete, guadaña o equipo mecánico	m ²	306,86	0,54		
			Recubrir con algún elemento específico las zonas dañadas de los árboles que se quieran mantener	m ²	225,23	0,40		
			Trasladar el material cortado y basura a sitios autorizados	m ²	4404,80	7,73		
			Inspeccionar que la vegetación en taludes no sea mayor de 30 cm	m ²	68,43	0,12		
			TOTAL MANTE-08 / m²					6370,61

Fuente: Elaboración propia, datos extraídos del SICOP.

Cuadro 36. Desglose de los costos de obra de actividades de mantenimiento de puentes MANTE-09.

Código	Actividades de reparación/Refuerzo	Sub-actividad	Desglose	Unidad	Costo unitario (₡)	Costo unitario (\$)
MANTE-09	Reparación de acero expuesto	Identificar el área dañada	Golpear la superficie con un martillo	m ²	307,13	0,54
		Marcar con una tiza el área dañada	Rayar con tiza el área	m ²	204,75	0,36
			Medir 30 cm del límite de área	m ²	63,06	0,11
			Definir y rayar el perímetro definitivo	m ²	112,61	0,20
			Cortar con sierra el concreto	Posicionar el verticalmente la sierra	m ²	0,00
		Cortar hasta 3 cm de profundidad		m ²	585,11	1,03
		Estar atento a no cortar ni dañar la armadura existente		m ²	0,00	0,00
		Demoler con martillo	Demoler con martillo hasta romper el concreto de la zona marcada	m ²	307,13	0,54
		Aplicar chorro de arena	Descargar los equipos del vehículo de transporte	m ²	228,11	0,40
			Conectar los equipos	m ²	0,00	0,00
			Iniciar de los equipos motorizados y eléctricos	m ²	0,00	0,00
			Ajustar la boquilla según la superficie en donde se va a aplicar el chorro	m ²	63,06	0,11
			Aplicación del chorro de arena	m ²	2686,64	4,71
		Fijar varilla de refuerzo con alambre negro	Cortar los trozos de alambre negro	m ²	112,61	0,20
			Medir y cortar la varilla con sierra	m ²	191,36	0,34
			Amarrar el trozo de varilla a la armadura expuesta del elemento del concreto reforzado	m ²	144,96	0,25
		Aplicar inhibidor de corrosión	Aplicar el producto	m ²	1003,43	1,76
			Limpiar exceso	m ²	63,06	0,11
			Dejar que se genere la reacción entre el convertidor y el metal	m ²	0,00	0,00
			Aplicar primario anticorrosivo	m ²	710,54	1,25
			Dar acabado según la superficie que sea	m ²	307,13	0,54

Código	Actividades de reparación/Refuerzo	Sub-actividad	Desglose	Unidad	Costo unitario (₡)	Costo unitario (\$)		
MANTE-09	Reparación de acero expuesto	Aplicar aire comprimido	Inicio de los equipos motorizados y eléctricos	m ²	0,00	0,00		
			Aplicación del aire a presión	m ²	0,00	0,00		
		Instalar formaleta	Medir el área en donde se instale la formaleta	m ²	63,06	0,11		
			Medir y cortar la tabla y reglas de madera	m ²	4233,86	7,43		
			Cortar el espacio en donde se vaya a verter el concreto	m ²	191,36	0,34		
			Clavar la madera a la superficie	m ²	112,61	0,20		
			Medir los volúmenes de resina y endurecedor según su ficha técnica	m ²	0,00	0,00		
		Aplicar resina epóxica	Agitar por 2 o 3 minutos	m ²	63,06	0,11		
			Imprimir la superficie con una capa de resina epóxica, procurando un espesor de 6 mm a 10 mm de las capas	m ²	7933,12	13,92		
			Colocar el concreto	m ²	4646,51	8,15		
			Aplicar otra capa de resina epóxica	m ²	261,80	0,46		
			Limpiar la capa con una tela humedecida con solvente periódicamente	m ²	203,37	0,36		
			Darle acabado final con la llaneta	m ²	130,28	0,23		
			Limpiar las herramientas con solvente luego de su uso	m ²	175,35	0,31		
			Chorrear el concreto de relleno	Rellenar el espacio vacío con concreto	m ²	690,11	1,21	
			Compactar con vibradores de inmersión	Sumergir los vibradores dentro del concreto fresco	m ²	90,09	0,16	
		Mover los vibradores a lo largo de toda la mezcla vertida		m ²	355,11	0,62		
		Curar el concreto	Rociar la superficie de concreto con agua	m ²	309,18	0,54		
		Limpiar el área de trabajo	Barrer residuos	m ²	225,23	0,40		
			Gestionar residuos	m ²	4404,80	7,73		
		TOTAL MANTE-09 / m²					31179,62	54,70

Fuente: Elaboración propia, datos extraídos del SICOP.

Cuadro 37. Desglose de los costos de obra de actividades de mantenimiento de puentes MANTE-10.

Código	Actividades de reparación/Refuerzo	Sub-actividad	Desglose	Unidad	Costo unitario (₡)	Costo unitario (\$)
MANTE-10	Reparación de acero expuesto mediante la instalación de ánodos galvánicos embebidos	Identificar el área dañada	Golpear la superficie con un martillo	m ²	307,13	0,54
		Marcar con una tiza el área dañada	Rayar con tiza el área	m ²	204,75	0,36
			Medir 30 cm del límite de área	m ²	63,06	0,11
			Definir y rayar el perímetro definitivo	m ²	112,61	0,20
		Cortar con sierra el concreto	Posicionar el verticalmente la sierra	m ²	0,00	0,00
			Cortar hasta 3 cm de profundidad	m ²	585,11	1,03
			Estar atento a no cortar ni dañar la armadura existente	m ²	0,00	0,00
		Demoler con martillo	Demoler con martillo hasta romper el concreto de la zona marcada	m ²	307,13	0,54
		Aplicar chorro de arena	Descargar los equipos del vehículo de transporte	m ²	463,69	0,81
			Conectar de los equipos	m ²	0,00	0,00
			Iniciar de los equipos motorizados y eléctricos	m ²	0,00	0,00
			Ajustar la boquilla según la superficie en donde se va a aplicar el chorro	m ²	63,06	0,11
			Aplicación del chorro de arena	m ²	2686,64	4,71
		Atar con alambre los ánodos galvánicos	Medir y marcar el espaciamiento entre ánodos	m ²	63,06	0,11
			Cortar los trozos de alambre	m ²	112,61	0,20
			Atar con alambre los ánodos galvánicos	m ²	4375,61	7,68
		Verificar continuidad eléctrica con ohmímetro	Conectar el ohmímetro al acero y al ánodo	m ²	3073,61	5,39
			Encender el equipo	m ²	0,00	0,00
			Tomar la medida	m ²	63,06	0,11

Código	Actividades de reparación/Refuerzo	Sub-actividad	Desglose	Unidad	Costo unitario (₡)	Costo unitario (\$)		
MANTE-10	Reparación de acero expuesto mediante la instalación de ánodos galvánicos embebidos	Preparar y colocar lechada de concreto	Preparar las cantidades de piedra, arena y cemento para una lechada de concreto	m ²	307,13	0,54		
			Instalar la fuente de abastecimiento de agua	m ²	0,00	0,00		
			Mezclar los agregados con el cemento y el agua	m ²	4725,53	8,29		
			Utilizar una cuchara de albañería para colocar la lechada	m ²	0,00	0,00		
		Compactar con vibradores de inmersión	Sumergir los vibradores dentro del concreto fresco	m ²	90,09	0,16		
			Mover los vibradores a lo largo de toda la mezcla vertida	m ²	355,11	0,62		
		Curar el concreto	Rociar la superficie de concreto con agua	m ²	498,22	0,87		
		Limpiar el área de trabajo	Aplicar un chorro de agua	m ²	498,22	0,87		
			Pasar una esponja húmeda con agua (sin ácido) por las sisas y rincones	m ²	342,85	0,60		
			Aplicar de nuevo el chorro de agua	m ²	498,22	0,87		
		TOTAL MANTE-10 / m²					19796,52	34,73

Fuente: Elaboración propia, datos extraídos del SICOP.

Cuadro 38. Desglose de los costos de obra de actividades de mantenimiento de puentes MANTE-11.

Código	Actividades de reparación/Refuerzo	Sub-actividad	Desglose	Unidad	Costo unitario (₡)	Costo unitario (\$)
MANTE-11	Reparación de grietas en una dirección mediante la inyección de resinas epóxicas a presión	Demarcar con tiza las grietas	Rayar con tiza a lo largo de la grieta	m ²	204,75	0,36
		Corte con esmeril angular	Descargar el equipo del vehículo	m ²	389,14	0,68
			Conectar el equipo al generador	m ²	0,00	0,00
			Cortar con el esmeril	m ²	409,60	0,72

(Continuación del Cuadro 38)

Código	Actividades de reparación/Refuerzo	Sub-actividad	Desglose	Unidad	Costo unitario (₡)	Costo unitario (\$)
MANTE-11	Reparación de grietas en una dirección mediante la inyección de resinas epóxicas a presión	Aplicar chorro de agua	Aplicar el chorro de agua	m ²	498,22	0,87
			Aplicar el aire comprimido	m ²	270,11	0,47
		Marcar y perforar los agujeros con taladro	Marcar con tiza lo lugares en donde se va a ubicar las boquillas	m ²	112,61	0,20
			Perforar con taladro	m ²	414,80	0,73
		Instalar boquillas	Medir la manguera con la que se va a confeccionar las boquillas	m ²	0,00	0,00
			Cortar los trozos de manguera para boquillas	m ²	252,10	0,44
			Introducir las boquillas en los agujeros con ayuda de herramientas manuales	m ²	252,10	0,44
		Colocar mortero o sellador epóxico	Medir los volúmenes de resina y endurecedor según su ficha técnica	m ²	0,00	0,00
			Agitar por 2 o 3 minutos	m ²	63,06	0,11
			Imprimir la superficie con una capa de resina epóxico, procurando un espesor de 6 mm a 10 mm de las capas	m ²	7933,12	13,92
		Curar el mortero o el sellador	Dejar en reposo hasta que seque el mortero o el sellador	m ²	0,00	0,00
		Verificar si quedó un sistema abierto	Aplicar el aire comprimido	m ²	270,11	0,47
		Inyectar el adhesivo epóxico	Instalar los accesorios del equipo	m ²	63,06	0,11
			Inyectar el adhesivo epóxico	m ²	311,35	0,55
			Verificar si el adhesivo epóxico ha llenado los espacios vacíos	m ²	0,00	0,00
		Remover boquillas	Quitar las boquillas una vez finalizada su función	m ²	63,06	0,11
		Limpiar el área de trabajo	Desarmar el equipo motorizado y eléctrico	m ²	112,61	0,20
			Cargar el equipo utilizado en el vehículo de transporte	m ²	228,11	0,40
			Barrer los residuos y escombros	m ²	225,23	0,40
			Desechar utensilios de un solo uso	m ²	4404,80	7,73
TOTAL MANTE-11 / m²					16477,96	28,91

Fuente: Elaboración propia, datos extraídos del SICOP

Cuadro 39. Desglose de los costos de obra actividades de mantenimiento de puentes MANTE-12.

Código	Actividades de reparación/Refuerzo	Sub-actividad	Desglose	Unidad	Costo unitario (₡)	Costo unitario (\$)		
MANTE-12	Sellado de grietas en losas de concreto o carpetas asfálticas	Realizar un canal a lo largo de la grieta	Descargar el equipo del vehículo	m ²	345,90	0,61		
			Conectar el equipo al generador eléctrico	m ²	0,00	0,00		
			Cortar el concreto a lo largo de la grieta	m ²	270,11	0,47		
		Remover la suciedad producto del corte	Barrer las partículas más gruesas y pesadas producto del corte	m ²	225,23	0,40		
		Remover las partículas sueltas con un chorro de arena	Aplicar el chorro de arena	m ²	2686,64	4,71		
		Limpiar el polvo con aire comprimido	Aplicar el aire comprimido	m ²	270,11	0,47		
		Aplicar el sellado asfáltico de grietas en caliente	Preparar el producto en el sellador	m ²	1772,46	3,11		
			Conectar el sellador al generador eléctrico	m ²	0,00	0,00		
			Aplicar el sellador a lo largo de la grieta	m ²	112,61	0,20		
			Limpiar excedentes	m ²	175,35	0,31		
		Limpiar el área de trabajo	Desarmar el equipo motorizado y eléctrico	m ²	112,61	0,20		
			Cargar el equipo utilizado en el vehículo de transporte	m ²	228,11	0,40		
			Barrer los residuos y escombros	m ²	225,23	0,40		
			Desechar utensilios de un solo uso	m ²	4404,80	7,73		
		TOTAL MANTE-12 / m²					10829,17	19,00

Fuente: Elaboración propia, datos extraídos del SICOP.

Cuadro 40. Desglose de los costos de obra de actividades de mantenimiento de puentes MANTE-13.

Código	Actividades de reparación/Refuerzo	Sub-actividad	Desglose	Unidad	Costo unitario (₡)	Costo unitario (\$)
MANTE-13	Sustitución de las juntas de expansión por juntas de silicón	Remover la junta vieja	Utilizar herramientas manuales para remover la junta	ml	112,61	0,20
			Marcar el área a cortar	ml	0,00	0,00
			Descargar los equipos del vehículo de transporte	ml	345,90	0,61
			Conectar de los equipos	ml	0,00	0,00
			Cortar los bordes de la junta	ml	385,61	0,68
		Cortar los bordes de la junta	Con herramientas manuales, quitar el material de junta que no se haya separado de la junta	ml	112,61	0,20
			Inicio de los equipos motorizados y eléctricos	ml	0,00	0,00
			Aplicar chorro de arena	ml	2686,64	4,71
		Aplicar aire comprimido	Inicio de los equipos motorizados y eléctricos	ml	0,00	0,00
			Aplicar aire comprimido	ml	270,11	0,47
		Instalar un Backer Rod	Medir el Backer Rod que se vaya a cortar	ml	147,06	0,26
			Instalarlo dentro de la junta con herramientas manuales	ml	112,61	0,20
			Asegurase que quede ajustado a la junta	ml	0,00	0,00
		Instalar el sellador de silicona	Instalar el equipo de sellado de silicona	ml	64,58	0,11
			Asegurarse que no haya contaminación por partículas y suciedad	ml	0,00	0,00
			Aplicar la silicona	ml	266,91	0,47
		Limpiar excedente	Limpiar todo excedente que sobresalga de la superficie	ml	175,35	0,31
		Dejar secar	Esperar hasta que la superficie quede seca al contacto	ml	0,00	0,00

Código	Actividades de reparación/Refuerzo	Sub-actividad	Desglose	Unidad	Costo unitario (₡)	Costo unitario (\$)
MANTE-13	Sustitución de las juntas de expansión por juntas de silicón	Limpiar el área de trabajo	Desarmar el equipo motorizado y eléctrico	ml	112,61	0,20
			Cargar el equipo utilizado en el vehículo de transporte	ml	228,11	0,40
			Barrer los residuos y escombros	ml	0,00	0,00
			Desechar utensilios de un solo uso	ml	4404,80	7,73
		TOTAL MANTE-13 / ml				9425,53

Fuente: Elaboración propia, datos extraídos del SICOP.

Cuadro 41. Desglose de los costos de obra de actividades de mantenimiento de puentes MANTE-14.

Código	Actividades de reparación/Refuerzo	Sub-actividad	Desglose	Unidad	Costo unitario (₡)	Costo unitario (\$)
MANTE-14	Limpieza de los cauces para prevenir la socavación	Remover obstáculos	Colocar un Back Hoe que mueva rocas, madera, basura y otros que obstaculicen el paso del agua cerca de los bastiones	m ³	1785,00	3,13
			Apilar los materiales	m ³	225,23	0,40
			Gestionar los materiales que se consideran como desechos o basura	m ³	204,80	0,36
		Limpiar aguas arriba	Limpiar todo resto de ramas, basura y otros	m ³	225,23	0,40
		Sacar el material fuera del alcance del agua	Con ayuda de equipo mecánico, sacar material del cauce	m ³	1012,73	1,78
		Limpiar el área de trabajo	Desarmar el equipo motorizado y eléctrico	m ³	55,85	0,10
			Cargar el equipo utilizado en el vehículo de transporte	m ³	55,85	0,10
			Barrer los residuos y escombros	m ³	112,61	0,20
			Desechar utensilios de un solo uso	m ³	2407,20	4,22
		TOTAL MANTE-14 / m³				6084,49

Fuente: Elaboración propia, datos extraídos del SICOP.

Cuadro 42. Desglose de los costos de obra de actividades de mantenimiento de puentes MANTE-15.

Código	Actividades de reparación/Refuerzo	Sub-actividad	Desglose	Unidad	Costo unitario (₡)	Costo unitario (\$)
MANTE-15	Colocar enrocados (escolleras) en el cuerpo principal de los bastiones	Remover obstáculos	Remover los obstáculos manualmente	m ²	225,23	0,40
			Si no se puede de forma manual, colocar un Back Hoe que pueda mover los obstáculos pesados	m ²	1785,00	3,13
		Dejar la superficie lisa para colocar el geotextil	Con herramientas manuales como palas, dejar el terreno liso	m ²	228,11	0,40
			Si el área es muy amplia y es necesario mover mucho material para dejar uniforme la superficie, colocar el Back Hoe para que efectúe la tarea	m ²	1785,00	3,13
			Utilizar herramientas manuales para compactar el terreno si este lo requiere	m ²	228,11	0,40
			Si es necesario un equipo mecánico, descargar y conectar un generador eléctrico	m ²	0,00	0,00
		Nivelar terreno en relación 1:2	Nivelar con ayuda de equipo mecánico	m ²	314,67	0,55
		Colocar geotextil	Medir el área en la cual se va a colocar el geo textil	m ²	225,23	0,40
			Medir y cortar el geotextil que se va a instalar	m ²	225,23	0,40
			Colocar el geotextil en su lugar	m ²	228,11	0,40
		Instalar pines	Medir la varilla	m ²	4811,10	8,44
			Cortar la varilla	m ²	389,29	0,68
			Introducir los pines martillándolos hasta que ajusten el geotextil	m ²	453,51	0,80
		Excavar agujeros para rocas	Excavar	m ²	709,03	1,24

Código	Actividades de reparación/Refuerzo	Sub-actividad	Desglose	Unidad	Costo unitario (₺)	Costo unitario (\$)	
MANTE-15	Colocar enrocados (escolleras) en el cuerpo principal de los bastiones	Colocar las rocas sobre el geotextil	Con Grúa o Back Hoe, colocar las rocas que se retiradas del cauce	m ²	1785,00	3,13	
		Proteger con mortero	Preparar mortero	m ²	3264,93	5,73	
			Humedecer las rocas	m ²	309,18	0,54	
			Colocar el mortero	m ²	228,11	0,40	
		Dejar lloraderas en el mortero	Medir y cortar tubos que sirvan para lloraderas	m ²	112,61	0,20	
			Descargar y conectar el equipo para perforación	m ²	0,00	0,00	
			Encender el taladro y generador eléctrico	m ²	0,00	0,00	
			Perforar los tubos con un taladro según el diseño	m ²	220,29	0,39	
			Instalar los tubos	m ²	198,51	0,35	
		Inmovilizarlos los tubos de las lloraderas con mortero	Inmovilizarlos los tubos de las lloraderas con mortero	m ²	63,06	0,11	
			Curar el mortero	Curar el mortero 3 días para colocar la siguiente capa	m ²	498,22	0,87
			Limpiar el área de trabajo	Desarmar el equipo motorizado y eléctrico	m ²	0,00	0,00
		Cargar el equipo utilizado en el vehículo de transporte		m ²	228,11	0,40	
		Barrer los residuos y escombros		m ²	225,23	0,40	
		Desechar utensilios de un solo uso		m ²	2407,20	4,22	
TOTAL MANTE-15 / m²					21148,07	37,10	

Fuente: Elaboración propia.

Apéndice 3. Cuadro de los renglones de pago de las cinco actividades.

Cuadro 43. Renglón de pago MANTE-03.

Actividad		MANTE-03			
Renglón	Descripción	Unidad	Cantidad		
MANTE-03	Remoción de la eflorescencia mediante método manuales	m ²	1,00		

Equipo y maquinaria	Unidad	Cantidad	Costo por Unidad (¢)	% Requerido	Monto (¢)
Escobilla	unidad	1	2 015,00	2,0%	40,30
Cepillo	unidad	1	1 395,00	2,0%	27,90
Manguera	unidad	1	11 100,00	1,0%	111,00
Tanque para agua 5000 gal (alquiler)	día	1	18 598,00	1,5%	278,97
Generador eléctrico (alquiler)	día	1	5 000,00	1,5%	75,00
Bomba de agua a presión (alquiler)	día	1	20 000,00	2,0%	400,00
Subtotal de Equipo y maquinaria					933,17

Mano de obra	Unidad	Cantidad	Costo por Unidad (¢)	Monto (¢)
1 Operario	hora	0,5	2 000,00	1 000,00
1 Peón	hora	0,5	1 950,00	975,00
Subtotal de Mano de Obra				1 975,00

Material	Unidad	Cantidad	Costo por Unidad (¢)	% Requerido	Monto (¢)
Agua (en campo)	m3	1	2 344,00	8,0%	187,52
Electricidad (en campo)	kWh	2,7	159,67	100,0%	431,11
Brocha 2"	unidad	1	1 728,65	10,0%	172,87
Lija	rollo	1	5 890,00	10,0%	589,00
Subtotal de Material					1 380,49

(Continuación del Cuadro 43)

Insumos	Unidad	Cantidad	Costo por Unidad (¢)	% Requerido	Monto (¢)
Transporte de equipos y personas al sitio (costo gasolina, aceite, uso del vehículo, etc.)	km	20	655,00	100,0%	13 100,00
Rotulación, señalamiento de precaución	global	1	5 000,00	10,0%	500,00
Derecho al botadero	m3	1	200 000,00	1,0%	2 000,00
Otros (foco, capa, guantes, etc.)	global	1	12 700,00	5,5%	698,50
Subtotal de Insumos					16 298,50

Desglose sobre los costos		
Gasto	Costo (¢)	Porcentaje
Equipo y maquinaria	933,17	
Mano de obra	1 975,00	
Material	1 380,49	
Insumos	16 298,50	
Subtotal de costos directos	20 587,16	
Gastos Administrativos (personal)	1 749,91	8,50%
Gastos Administrativos (oficina)	514,68	2,50%
Imprevistos	1 029,36	5,00%
Utilidad	2 058,72	10,00%
Subtotal de costo indirectos	5 352,66	
Precio Unitario de la Actividad	25 939,83	/ m²

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 44. Renglón de pago MANTE-06.

Actividad		MANTE-06		
Renglón	Descripción	Unidad	Cantidad	
MANTE-06	Reparación del descascaramiento	m ²	1,00	

Equipo y maquinaria	Unidad	Cantidad	Costo por Unidad (¢)	% Requerido	Monto (¢)
Escobilla	unidad	1	2 015,00	2,0%	40,30
Cepillo	unidad	1	1 395,00	2,0%	27,90
Manguera	unidad	1	11 100,00	1,0%	111,00
Martillo	unidad	1	16 910,00	1,0%	169,10
Cinta métrica	unidad	1	10 770,00	0,5%	53,85
Cuchara	unidad	1	2 175,00	1,0%	21,75
Llaneta	unidad	1	3 365,00	5,0%	168,25
Compresor para aire comprimido (alquiler)	día	1	15 000,00	1,5%	225,00
Chorroador de arena (alquiler)	día	1	23 700,00	3,5%	829,50
Sierra eléctrica (alquiler)	día	1	18 500,00	3,5%	647,50
Automezcladora de concreto (alquiler)	día	1	18 321,60	4,0%	732,86
Equipo de corte	día	1	15 000,00	2,0%	300,00
Tanque para agua 5000 gal (alquiler)	día	1	18 598,00	1,5%	278,97
Vibrador	día	1	25 240,38	1,5%	378,61
Generador eléctrico (alquiler)	día	1	5 000,00	1,5%	75,00
Bomba de agua a presión (alquiler)	día	1	20 000,00	2,0%	400,00
Subtotal de Equipo y maquinaria					4 459,59

Mano de obra	Unidad	Cantidad	Costo por Unidad (¢)	Monto (¢)
1 Operario	hora	1	2 000,00	2 000,00
1 Peón	hora	1	1 950,00	1 950,00
Subtotal de Mano de Obra				3 950,00

Material	Unidad	Cantidad	Costo por Unidad (¢)	% Requerido	Monto (¢)
Agua (en campo)	m3	1	2 344,00	8,0%	187,52
Electricidad (en campo)	kWh	2,7	159,67	100,0%	431,11
Alambre negro	kg	1	780,00	10,0%	78,00
Acero (varilla #5)	m	6	4 493,00	4,0%	1 078,32
Brocha 2"	unidad	1	1 728,65	10,0%	172,87
Tiza	unidad	1	250,00	10,0%	25,00
Inhibidor de óxido	l	1	5 680,00	13,0%	738,40
Anticorrosivo	gal	1	14 400,00	2,0%	288,00
Clavos	kg	1	800,00	10,0%	80,00
Resina epóxica	l	1,8	37 855,00	11,0%	7 495,29
Thinner	l	1	1 695,00	10,0%	169,50
Arena	m3	1	19 800,00	5,0%	990,00
Piedra	m3	1	19 800,00	4,0%	792,00
Cemento	saco	1	7 920,00	10,0%	792,00
Coridón blanco	kg	0,8	932,00	100,0%	745,60
Reglas de madera	m2	1	3 850,00	100,0%	3 850,00
Subtotal de Material					17 913,60

Insumos	Unidad	Cantidad	Costo por Unidad (¢)	% Requerido	Monto (¢)
Transporte de equipos y personas al sitio (costo gasolina, aceite, uso del vehículo, etc.)	km	20	655,00	100,0%	13 100,00
Rotulación, señalamiento de precaución	global	1	5 000,00	10,0%	500,00
Derecho al botadero	m3	1	200 000,00	2,0%	4 000,00
Otros (foco, capa, guantes, etc.)	global	1	12 700,00	5,5%	698,50
Subtotal de Insumos					18 298,50

Desglose sobre los costos		
Gasto	Costo (¢)	Porcentaje
Equipo y maquinaria	4 459,59	
Mano de obra	3 950,00	
Material	17 913,60	
Insumos	18 298,50	
Subtotal de costos directos	44 621,69	
Gastos Administrativos (personal)	3 792,84	8,50%
Gastos Administrativos (oficina)	1 115,54	2,50%
Imprevistos	2 231,08	5,00%
Utilidad	4 462,17	10,00%
Subtotal de costo indirectos	11 601,64	
Precio Unitario de la Actividad	56 223,33	/ m²

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 45. Renglón de pago MANTE-07.

Actividad		MANTE-07			
Renglón	Descripción	Unidad	Cantidad		
MANTE-07	Reparación de nidos de piedra	m ²	1,00		

Equipo y maquinaria	Unidad	Cantidad	Costo por Unidad (¢)	% Requerido	Monto (¢)
Escobilla	unidad	1	2 015,00	2,0%	40,30
Cepillo	unidad	1	1 395,00	2,0%	27,90
Manguera	unidad	1	11 100,00	1,0%	111,00
Martillo	unidad	1	16 910,00	1,0%	169,10
Cinta métrica	unidad	1	10 770,00	0,5%	53,85
Cuchara	unidad	1	2 175,00	1,0%	21,75
Llaneta	unidad	1	3 365,00	5,0%	168,25
Tenaza	unidad	1	4 910,00	2,0%	98,20
Paño (limpieza)	unidad	1	1 015,00	10,0%	101,50
Chorroador de arena (alquiler)	día	1	23 700,00	3,5%	829,50
Sierra eléctrica (alquiler)	día	1	18 500,00	3,5%	647,50

Equipo y maquinaria	Unidad	Cantidad	Costo por Unidad (¢)	% Requerido	Monto (¢)
Equipo de corte	día	1	15 000,00	2,0%	300,00
Automezcladora de concreto (alquiler)	día	1	18 321,60	4,0%	732,86
Tanque para agua 5000 gal (alquiler)	día	1	18 598,00	1,5%	278,97
Vibrador de inmersión	día	1	25 240,38	1,5%	378,61
Compresor para aire comprimido (alquiler)	día	1	15 000,00	1,5%	225,00
Generador eléctrico (alquiler)	día	1	5 000,00	1,5%	75,00
Bomba de agua a presión (alquiler)	día	1	20 000,00	2,0%	400,00
Subtotal de Equipo y maquinaria					4 659,29

Mano de obra	Unidad	Cantidad	Costo por Unidad (¢)	Monto (¢)
1 Operario	hora	1	2 000,00	2 000,00
1 Peón	hora	1	1 950,00	1 950,00
Subtotal de Mano de Obra				3 950,00

Material	Unidad	Cantidad	Costo por Unidad (¢)	% Requerido	Monto (¢)
Agua (en campo)	m3	1	2 344,00	8,0%	187,52
Electricidad (en campo)	kWh	2,7	159,67	100,0%	431,11
Alambre negro	kg	1	780,00	10,0%	78,00
Acero (varilla #5)	m	6	4 493,00	6,0%	1 617,48
Tiza	unidad	1	250,00	10,0%	25,00
Brocha 2"	unidad	1	1 728,65	10,0%	172,87
Inhibidor de óxido	l	1	5 680,00	13,0%	738,40
Anticorrosivo	gal	1	14 400,00	2,0%	288,00
Clavos	kg	1	800,00	10,0%	80,00
Resina epóxica	l	1,8	37 855,00	11,0%	7 495,29
Thinner	l	1	1 695,00	10,0%	169,50
Arena	m3	1	19 800,00	6,0%	1 188,00
Piedra	m3	1	19 800,00	5,0%	990,00
Cemento	saco	1	7 920,00	25,0%	1 980,00
Coridón blanco	kg	1,2	932,00	100,0%	1 118,40
Reglas de madera	m2	1	3 850,00	100,0%	3 850,00
Subtotal de Material					20 409,56

Insumos	Unidad	Cantidad	Costo por Unidad (¢)	% Requerido	Monto (¢)
Transporte de equipos y personas al sitio (costo gasolina, aceite, uso del vehículo, etc.)	km	20	655,00	100,0%	13 100,00
Rotulación, señalamiento de precaución	global	1	5 000,00	10,0%	500,00
Derecho al botadero	m3	1	200 000,00	1,0%	2 000,00
Otros (foco, capa, guantes, etc.)	global	1	12 700,00	5,5%	698,50
Subtotal de Insumos					16 298,50

Desglose sobre los costos		
Gasto	Costo (¢)	Porcentaje
Equipo y maquinaria	4 659,29	
Mano de obra	3 950,00	
Material	20 409,56	
Insumos	16 298,50	
Subtotal de costos directos	45 317,35	
Gastos Administrativos (personal)	3 851,98	8,50%
Gastos Administrativos (oficina)	1 132,93	2,50%
Imprevistos	2 265,87	5,00%
Utilidad	4 531,74	10,00%
Subtotal de costo indirectos	11 782,51	
Precio Unitario de la Actividad	57 099,87	/ m²

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 46. Renglón de pago MANTE-08.

Actividad		MANTE-08			
Renglón	Descripción	Unidad	Cantidad		
MANTE-08	Limpeza general del puente	m ²	1,00		

Equipo y maquinaria	Unidad	Cantidad	Costo por Unidad (¢)	% Requerido	Monto (¢)
Carretillo	unidad	1	40 530,00	1,5%	607,95
Pala	unidad	2	8 315,00	1,5%	249,45
Cuchillo	unidad	2	4 355,00	1,5%	130,65
Escoba	unidad	2	2 620,00	2,0%	104,80
Manguera	unidad	1	11 100,00	1,5%	166,50
Tanque para agua 5000 gal (alquiler)	día	1	18 598,00	1,5%	278,97
Generador eléctrico (alquiler)	día	1	5 000,00	2,5%	125,00
Bomba de agua a presión (alquiler)	día	1	20 000,00	3,0%	600,00
Subtotal de Equipo y maquinaria					2 263,32

Mano de obra	Unidad	Cantidad	Costo por Unidad (¢)	Monto (¢)
1 Operario	hora	0,25	2 000,00	500,00
2 Peones	hora	0,25	1 950,00	487,50
Subtotal de Mano de Obra				987,50

Material	Unidad	Cantidad	Costo por Unidad (¢)	% Requerido	Monto (¢)
Agua (en campo)	m ³	1	2 344,00	8,0%	187,52
Electricidad (en campo)	kWh	2,7	159,67	100,0%	431,11
Subtotal de Material					618,63

Insumos	Unidad	Cantidad	Costo por Unidad (¢)	% Requerido	Monto (¢)
Transporte de equipos y personas al sitio (costo gasolina, aceite, uso del vehículo, etc.)	km	20	655,00	100,0%	13 100,00
Rotulación, señalamiento de precaución	global	1	5 000,00	10,0%	500,00
Derecho al botadero	m3	1	200 000,00	2,0%	4 000,00
Otros (foco, capa, guantes, etc.)	global	1	12 700,00	5,5%	698,50
Subtotal de Insumos					18 298,50

Desglose sobre los costos		
Gasto	Costo (¢)	Porcentaje
Equipo y maquinaria	2 263,32	
Mano de obra	987,50	
Material	618,63	
Insumos	18 298,50	
Subtotal de costos directos	22 167,95	
Gastos Administrativos (personal)	1 884,28	8,50%
Gastos Administrativos (oficina)	554,20	2,50%
Imprevistos	1 108,40	5,00%
Utilidad	2 216,79	10,00%
Subtotal de costo indirectos	5 763,67	
Precio Unitario de la Actividad	27 931,62	/ m²

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 47. Renglón de pago MANTE-09.

Actividad		MANTE-09			
Renglón	Descripción	Unidad	Cantidad	Monto (¢)	
MANTE-09	Reparación de acero expuesto	m ²	1,00		

Equipo y maquinaria	Unidad	Cantidad	Costo por Unidad (¢)	% Requerido	Monto (¢)
Escobilla	unidad	1	2 015,00	2,0%	40,30
Cepillo	unidad	1	1 395,00	2,0%	27,90
Manguera	unidad	1	11 100,00	1,0%	111,00
Martillo	unidad	1	16 910,00	1,0%	169,10
Cinta métrica	unidad	1	10 770,00	0,5%	53,85
Llaneta	unidad	1	3 365,00	5,0%	168,25
Cuchara	unidad	1	2 175,00	1,0%	21,75
Tenaza	unidad	1	4 910,00	2,0%	98,20
Paño (limpieza)	unidad	1	1 015,00	10,0%	101,50
Chorroador de arena (alquiler)	día	1	23 700,00	3,5%	829,50
Sierra eléctrica (alquiler)	día	1	18 500,00	3,5%	647,50
Automezcladora de concreto (alquiler)	día	1	18 321,60	4,0%	732,86
Tanque para agua 5000 gal (alquiler)	día	1	18 598,00	1,5%	278,97
Vibrador de inmersión	día	1	25 240,38	1,5%	378,61
Equipo de corte	día	1	15 000,00	2,0%	300,00
Compresor para aire comprimido (alquiler)	día	1	15 000,00	1,5%	225,00
Generador eléctrico (alquiler)	día	1	5 000,00	1,5%	75,00
Bomba de agua a presión (alquiler)	día	1	20 000,00	2,0%	400,00
Subtotal de Equipo y maquinaria					4 659,29

Mano de obra	Unidad	Cantidad	Costo por Unidad (¢)	Monto (¢)
1 Operario	hora	1,5	2 000,00	3 000,00
2 Peones	hora	1,5	1 950,00	2 925,00
Subtotal de Mano de Obra				5 925,00

Material	Unidad	Cantidad	Costo por Unidad (¢)	% Requerido	Monto (¢)
Agua (en campo)	m3	1	2 344,00	8,0%	187,52
Electricidad (en campo)	kWh	2,7	159,67	100,0%	431,11
Alambre negro	kg	1	780,00	10,0%	78,00
Tiza	unidad	1	250,00	10,0%	25,00
Brocha 2"	unidad	1	1 728,65	10,0%	172,87
Inhibidor de óxido	l	1	5 680,00	13,0%	738,40
Anticorrosivo	gal	1	14 400,00	2,0%	288,00
Clavos	kg	1	800,00	10,0%	80,00
Resina epóxica	l	1,8	37 855,00	11,0%	7 495,29
Thinner	l	1	1 695,00	10,0%	169,50
Arena	m3	1	19 800,00	6,0%	1 188,00
Piedra	m3	1	19 800,00	5,0%	990,00
Cemento	saco	1	7 920,00	30,0%	2 376,00
Coridón blanco	kg	1,2	932,00	100,0%	1 118,40
Acero (varilla #5)	m	6	4 493,00	6,0%	1 617,48
Reglas de madera	m2	1	3 850,00	100,0%	3 850,00
Subtotal de Material					20 805,56

Insumos	Unidad	Cantidad	Costo por Unidad (¢)	% Requerido	Monto (¢)
Transporte de equipos y personas al sitio (costo gasolina, aceite, uso del vehículo, etc.)	km	20	655,00	100,0%	13 100,00
Rotulación, señalamiento de precaución	global	1	5 000,00	10,0%	500,00
Derecho al botadero	m3	1	200 000,00	1,0%	2 000,00
Otros (foco, capa, guantes, etc.)	global	1	12 700,00	5,5%	698,50
Subtotal de Insumos					16 298,50

Desglose sobre los costos		
Gasto	Costo (¢)	Porcentaje
Equipo y maquinaria	4 659,29	
Mano de obra	5 925,00	
Material	20 805,56	
Insumos	16 298,50	
Subtotal de costos directos	47 688,35	
Gastos Administrativos (personal)	4 053,51	8,50%
Gastos Administrativos (oficina)	1 192,21	2,50%
Imprevistos	2 384,42	5,00%
Utilidad	4 768,84	10,00%
Subtotal de costo indirectos	12 398,97	
Precio Unitario de la Actividad	60 087,33	/ m²

Fuente: Elaboración propia.

Apéndice 4. Memoria de cálculo de la actividad MANTE-07.

Actividad MANTE-07: Reparación de nidos de piedra

A = Costo de materiales

B = Costo de equipos

C = Costo de mano de obra

I = Imprevistos (5%, se representa con una multiplicación de 1,05 por la sumatoria de A, B y C)

Cuando se menciona un % de uso, se refiere al % de desgaste del equipo o material con respecto de su costo.

Se realiza el cálculo para cada subactividad y tarea:

1. Subactividad: Identificar el área dañada

a. Tarea: Golpear la superficie con un martillo

Datos:

- Costo del martillo de 8 lb (unidad): ₡16 910,00
- % de uso en 1 m²: 1%
- Salario del operario: ₡2 000/h
- Rendimiento de un operario en revisión del área dañada: 0,015 HH/m²

Se inicia con el cálculo del costo de los materiales, equipo y mano de obra.

$$A = ₡0,00/m^2$$

$$B = 1\% \times 16\,910,00 = ₡169,10/m^2$$

$$C = 0,015 \times 2000 = ₡30,00/m^2$$

Se calcula el costo total de la tarea sumando los resultados obtenidos

$$\text{Costo tarea} = (₡0,00 + ₡169,10 + ₡30,00) \times 1,05 = ₡209,06/m^2$$

2. Subactividad: Marcar con una tiza el área dañada

a. Tarea: Rayar con tiza el área

Datos:

- Costo de la tiza (unidad): ₡250,00
- % de uso en 1 m²: 10%
- Salario del operario: ₡2 000/h
- Rendimiento de un operario en revisión y señalamiento del área dañada: 0,015 HH/m²

Se inicia con el cálculo del costo de los materiales, equipo y mano de obra.

$$A = 10\% \times 250 = ₡25,00/m^2$$

$$B = ₡0,00/m^2$$

$$C = 0,015 \times 2000 = ₡30,00/m^2$$

Se calcula el costo total de la tarea sumando los resultados obtenidos

$$\text{Costo tarea} = (₡25,00 + ₡0,00 + ₡30,00) \times 1,05 = ₡57,75/m^2$$

b. Tarea: Medir 30 cm del límite de área

Datos:

- Costo de la cinta métrica (unidad): ₡10 770,00
- % de uso en 1 m²: 0,5%
- Salario del operario: ₡2 000/h
- Rendimiento de un operario en revisión y señalamiento del área dañada: 0,015 HH/m²

Se inicia con el cálculo del costo de los materiales, equipo y mano de obra.

$$A = ₡0,00/m^2$$

$$B = 0,05\% \times 10\,770,00 = ₡53,85/m^2$$

$$C = 0,015 \times 2000 = ₡30,00/m^2$$

Se calcula el costo total de la tarea sumando los resultados obtenidos

$$\text{Costo tarea} = (₡0,00 + ₡53,85 + ₡30,00) \times 1,05 = ₡88,04/m^2$$

c. Tarea: Definir y rayar el perímetro definitivo

No se calcula ya que se contempló en las dos tareas anteriores.

3. Subactividad: Cortar con sierra el concreto

a. Tarea: Posicionar el verticalmente la sierra

Datos:

- Salario del operario: ₡2 000/h
- Rendimiento de un operario en revisión del área dañada: 0,015 HH/m²

Se inicia con el cálculo del costo de los materiales, equipo y mano de obra.

$$A = ₡0,00/m^2$$

$$B = ₡0,00/m^2$$

$$C = 0,015 \times 2000 = ₡30,00/m^2$$

Se calcula el costo total de la tarea sumando los resultados obtenidos

$$\text{Costo tarea} = (₡0,00 + ₡0,00 + ₡30,00) \times 1,05 = ₡31,5/m^2$$

b. Tarea: Cortar hasta 3 cm de profundidad

Datos:

- Costo de la electricidad (kWh): ₡159,67/kg
- Gasto de electricidad de la sierra: 0,125 kWh/m (0,25 kWh/m²)
- Rendimiento de la sierra: 18 m/h (0,035 h/m²)
- Costo de la sierra eléctrica (alquiler): ₡18 500,00/día
- Salario del operario: ₡2 000/h
- Rendimiento de un operario en uso de sierra: 0,06 HH/m²

Se inicia con el cálculo del costo de los materiales, equipo y mano de obra.

$$A = 0,25 \times 159,67 = ₡39,92/m^2$$

$$B = 0,035 \times 18\,500,00 = \text{C}\$647,50/\text{m}^2$$

$$C = 0,06 \times 2000 = \text{C}\$120,00/\text{m}^2$$

Se calcula el costo total de la tarea sumando los resultados obtenidos

$$\text{Costo tarea} = (\text{C}\$39,92 + \text{C}\$647,50 + \text{C}\$120,00) \times 1,05 = \text{C}\$847,79/\text{m}^2$$

c. Tarea: Estar atento a no cortar ni dañar la armadura existente

No se calcula ya que es una tarea que se contempló en las dos tareas anteriores.

4. Subactividad: Demoler con martillo

a. Tarea: Romper todo el concreto de la zona dañada

Datos:

- Costo del martillo (unidad): $\text{C}\$16\,910,00$
- % de uso en 1 m^2 : 1%
- Salario del peón: $\text{C}\$1\,950/\text{h}$
- Rendimiento de un peón en demolición manual: $0,15\text{ HH}/\text{m}^2$

Se inicia con el cálculo del costo de los materiales, equipo y mano de obra.

$$A = \text{C}\$0,00/\text{m}^2$$

$$B = 1\% \times 16\,910,00 = \text{C}\$169,10/\text{m}^2 \text{ (este costo no se usa en la sumatoria final de la actividad ya que se contempló en otra tarea)}$$

$$C = 0,15 \times 1950 = \text{C}\$292,50/\text{m}^2$$

Se calcula el costo total de la tarea sumando los resultados obtenidos

$$\text{Costo tarea} = (\text{C}\$0,00 + \text{C}\$169,10 + \text{C}\$292,50) \times 1,05 = \text{C}\$484,68/\text{m}^2$$

5. Subactividad: Aplicar chorro de arena (coridón)

a. Tarea: Descargar los equipos del vehículo de transporte

Datos:

- Salario del peón: $\text{C}\$1\,950/\text{h}$
- Rendimiento de un peón en carga y descarga de material: $0,05\text{ HH}/\text{m}^2$

Se inicia con el cálculo del costo de los materiales, equipo y mano de obra.

$$A = \text{C}\$0,00/\text{m}^2$$

$$B = \text{C}\$0,00/\text{m}^2$$

$$C = 0,05 \times 1950 = \text{C}\$97,5/\text{m}^2$$

Se calcula el costo total de la tarea sumando los resultados obtenidos

$$\text{Costo tarea} = (\text{C}\$0,00 + \text{C}\$0,00 + \text{C}\$97,5) \times 1,05 = \text{C}\$102,38/\text{m}^2$$

b. Tarea: Conectar los equipos

El costo de esta tarea no se calcula ya que no implica un gasto significativo de recursos para llevar a cabo esta acción.

- c. Tarea: Inicio de los equipos motorizados y eléctricos
El costo de esta tarea no se calcula ya que no implica un gasto significativo de recursos para llevar a cabo esta acción.

d. Tarea: Ajustar la boquilla según la superficie en donde se va a aplicar el chorro

Datos:

- Salario del operario: ₡2 000/h
- Rendimiento de un operario en instalación de equipo: 0,01 HH/m²

Se inicia con el cálculo del costo de los materiales, equipo y mano de obra.

$$A = ₡0,00/m^2$$

$$B = ₡0,00/m^2$$

$$C = 0,01 \times 2000 = ₡20,00/m^2$$

Se calcula el costo total de la tarea sumando los resultados obtenidos

$$\text{Costo tarea} = (₡0,00 + ₡0,00 + ₡20,00) \times 1,05 = ₡21,00/m^2$$

e. Tarea: Aplicación del chorro de arena

Datos:

- Costo de arena corindón blanco por kilogramo de peso: ₡932,00/kg
- Cantidad de corindón por cada metro cuadrado: 1,20 kg/m²
- Rendimiento de arenadora: 35 m²/h (0,035 h/m²)
- Costo del uso de arenadora (alquiler): ₡23 700,00/día
- Salario del operario: ₡2 000/h
- Rendimiento de un operario en reparación de concreto: 0,125 HH/m²

Se inicia con el cálculo del costo de los materiales, equipo y mano de obra.

$$A = 1,20 \times 932 = ₡1 118,40/m^2$$

$$B = 0,035 \times 23700 = ₡829,50/m^2$$

$$C = 0,125 \times 2000 = ₡250,00/m^2$$

Se calcula el costo total de la tarea sumando los resultados obtenidos

$$\text{Costo tarea} = (₡1 118,40 + ₡829,50 + ₡250,00) \times 1,05 = ₡2 553,40/m^2$$

6. Subactividad: Fijar varilla de refuerzo con alambre negro

a. Tarea: Cortar los trozos de alambre negro

Datos:

- Costo del alambre negro: ₡780,00/kg
- % de gasto de alambre negro en 1 m²: 10%
- Costo de la tenaza (unidad): ₡4 910,00
- % de uso en 1 m²: 2%
- Salario del peón: ₡1 950/h
- Rendimiento de un peón en trabajos con acero de refuerzo: 0,06 HH/m²

Se inicia con el cálculo del costo de los materiales, equipo y mano de obra.

$$A = 10\% \times 780,00 = \text{C}\$78,00/\text{m}^2$$

$$B = 2\% \times 4\,910,00 = \text{C}\$98,20/\text{m}^2$$

$$C = 0,06 \times 1\,950 = \text{C}\$117,00/\text{m}^2$$

Se calcula el costo total de la tarea sumando los resultados obtenidos

$$\text{Costo tarea} = (\text{C}\$78,00 + \text{C}\$98,20 + \text{C}\$117,00) \times 1,05 = \text{C}\$307,86/\text{m}^2$$

b. Tarea: Medir y cortar la varilla

Datos:

- Costo de la varilla #5: $\text{C}\$4\,493,00/6\text{m}$
- % de gasto de varilla # 5 en 1 m^2 : 6%
- Costo de la tenaza (unidad): $\text{C}\$4\,910,00$
- % de uso en 1 m^2 : 2%
- Costo del equipo de corte (alquiler): $\text{C}\$15\,000,00/\text{día}$
- Costo de la electricidad (kWh): $\text{C}\$159,67/\text{kg}$
- Gasto de electricidad del equipo de corte: $0,125\text{ kWh/m}$ ($0,25\text{ kWh/m}^2$)
- Rendimiento del equipo de corte: $10,00\text{ m/h}$ ($0,020\text{ h/m}^2$)
- Salario del peón: $\text{C}\$1\,950/\text{h}$
- Rendimiento de un peón en trabajos con acero de refuerzo: $0,06\text{ HH/m}^2$

Se inicia con el cálculo del costo de los materiales, equipo y mano de obra.

$$A = (6\% \times 4\,493,00) + (0,25 \times 159,67) = \text{C}\$1\,657,48/\text{m}^2$$

$$B = (2\% \times 4\,910,00) + (0,02 \times 15000) = \text{C}\$398,20/\text{m}^2$$

$$C = 0,06 \times 1\,950 = \text{C}\$117,00/\text{m}^2$$

Se calcula el costo total de la tarea sumando los resultados obtenidos

$$\text{Costo tarea} = (\text{C}\$1\,657,48 + \text{C}\$398,20 + \text{C}\$117,00) \times 1,05 = \text{C}\$2\,281,31/\text{m}^2$$

c. Tarea: Amarrar el trozo de varilla a la armadura expuesta del elemento del concreto reforzado

Datos:

- Salario del peón: $\text{C}\$1\,950/\text{h}$
- Rendimiento de un peón en trabajos con acero de refuerzo: $0,06\text{ HH/m}^2$

Se inicia con el cálculo del costo de los materiales, equipo y mano de obra.

$$A = \text{C}\$0,00/\text{m}^2$$

(en este caso el alambre negro que se utilizaría ya se calculó en la parte a de la subactividad)

$$B = \text{C}\$0,00/\text{m}^2$$

$$C = 0,06 \times 1\,950 = \text{C}\$117,00/\text{m}^2$$

Se calcula el costo total de la tarea sumando los resultados obtenidos

$$\text{Costo tarea} = (\text{C}0,00 + \text{C}0,00 + \text{C}117,00) \times 1,05 = \text{C}122,85/\text{m}^2$$

7. Subactividad: Aplicar inhibidor de corrosión

a. Tarea: Aplicar el producto (inhibidor de óxido)

Datos:

- Costo del Inhibidor de óxido: C5 680,00/litro
- Rendimiento del Inhibidor de óxido: 8 m²/l (13%)
- Costo de la brocha (unidad): C1 728,65
- % de uso de la brocha en 1 m²: 10%
- Salario del operario: C2 000/h
- Rendimiento de un operario en reparación de concreto: 0,125 HH/m²

Se inicia con el cálculo del costo de los materiales, equipo y mano de obra.

$$A = (13\% \times 5\,680,00) + (10\% \times 1\,728,65) = \text{C}911,27/\text{m}^2$$

$$B = \text{C}0,00/\text{m}^2$$

$$C = 0,125 \times 2\,000 = \text{C}250,00/\text{m}^2$$

Se calcula el costo total de la tarea sumando los resultados obtenidos

$$\text{Costo tarea} = (\text{C}1\,657,48 + \text{C}0,00 + \text{C}250,00) \times 1,05 = \text{C}1\,219,33/\text{m}^2$$

b. Tarea: Limpiar exceso

Datos:

- Costo del paño de limpieza (unidad): C1 015,00
- % de uso en 1 m²: 10%
- Salario del peón: C1 950/h
- Rendimiento de un peón en limpieza: 0,01 HH/m²

Se inicia con el cálculo del costo de los materiales, equipo y mano de obra.

$$A = \text{C}0,00/\text{m}^2$$

$$B = 10\% \times 1\,015,00 = \text{C}101,50/\text{m}^2$$

$$C = 0,01 \times 1\,950 = \text{C}19,50/\text{m}^2$$

Se calcula el costo total de la tarea sumando los resultados obtenidos

$$\text{Costo tarea} = (\text{C}0,00 + \text{C}101,50 + \text{C}19,50) \times 1,05 = \text{C}127,05/\text{m}^2$$

c. Tarea: Dejar que se genere la reacción entre el convertidor y el metal

El costo de esta tarea no se calcula ya que no implica un gasto significativo de recursos para llevar a cabo esta acción.

d. Tarea: Aplicar primario anticorrosivo

Datos:

- Costo del Anticorrosivo: ₡14 400,00/gal
- Rendimiento del Anticorrosivo: 53 m²/gal (2%)
- Costo de la brocha (unidad): ₡1 728,65
- % de uso de la brocha en 1 m²: 10%
- Salario del operario: ₡2 000/h
- Rendimiento de un operario en reparación de concreto: 0,125 HH/m²

Se inicia con el cálculo del costo de los materiales, equipo y mano de obra.

$$A = (2\% \times 14\,400,00) + (10\% \times 1\,728,65) = ₡460,87/\text{m}^2$$

$$B = ₡0,00/\text{m}^2$$

$$C = 0,125 \times 2\,000 = ₡250,00/\text{m}^2$$

Se calcula el costo total de la tarea sumando los resultados obtenidos

$$\text{Costo tarea} = (₡460,87 + ₡0,00 + ₡250,00) \times 1,05 = ₡746,41/\text{m}^2$$

e. Tarea: Dar acabado según la superficie que lo requiera

Datos:

- Costo del agua: ₡2 344,00/m³
- Gasto de agua para reparación de 1 m²: 0,08 m³/m² (8%)
- Costo de la Llaneta (unidad): ₡3 365,00
- % de uso de la Llaneta en 1 m²: 5%
- Salario del operario: ₡2 000/h
- Rendimiento de un operario en reparación de concreto: 0,125 HH/m²

Se inicia con el cálculo del costo de los materiales, equipo y mano de obra.

$$A = 8\% \times 2\,344,00 = ₡187,52/\text{m}^2$$

$$B = 5\% \times 3\,365,00 = ₡168,25/\text{m}^2$$

$$C = 0,125 \times 2\,000 = ₡250,00/\text{m}^2$$

Se calcula el costo total de la tarea sumando los resultados obtenidos

$$\text{Costo tarea} = (₡187,52 + ₡168,25 + ₡250,00) \times 1,05 = ₡636,06/\text{m}^2$$

8. Subactividad: Aplicar aire comprimido

a. Tarea: Conectar los equipos

El costo de esta tarea no se calcula ya que no implica un gasto significativo de recursos para llevar a cabo esta acción.

b. Tarea: Inicio de los equipos motorizados y eléctricos

El costo de esta tarea no se calcula ya que no implica un gasto significativo de recursos para llevar a cabo esta acción.

c. Tarea: Aplicación del aire a presión

Datos:

- Costo de la electricidad (kWh): ₡159,67/kg

- Gasto de electricidad del equipo de corte: 0,03 kWh/m (0,15 kWh/m²)
- Rendimiento del compresor de aire: 15 m²/h (0,015 h/m²)
- Costo del uso del compresor de aire (alquiler): ₡15 000,00/día
- Salario del peón: ₡1 950/h
- Rendimiento del peón en reparación de concreto: 0,10 HH/m²

Se inicia con el cálculo del costo de los materiales, equipo y mano de obra.

$$A = 0,15 \times 159,67 = ₡23,95/m^2$$

$$B = 0,15 \times 15000 = ₡225,00/m^2$$

$$C = 0,10 \times 1950 = ₡195,00/m^2$$

Se calcula el costo total de la tarea sumando los resultados obtenidos

$$\text{Costo tarea} = (₡23,95 + ₡225,00 + ₡195,00) \times 1,05 = ₡466,15/m^2$$

9. Subactividad: Instalar formaleta

a. Tarea: Medir el área en donde se instale la formaleta

Datos:

- Costo de la cinta métrica (unidad): ₡10 770,00
- % de uso en 1 m²: 0,5%
- Salario del operario: ₡2 000/h
- Rendimiento de un operario en revisión y señalamiento del área dañada: 0,015 HH/m²

Se inicia con el cálculo del costo de los materiales, equipo y mano de obra.

$$A = ₡0,00/m^2$$

$$B = 0,05\% \times 10\,770,00 = ₡53,85/m^2$$

(este costo no se utiliza en la sumatoria final ya que se contempló anteriormente)

$$C = 0,015 \times 2000 = ₡30,00/m^2$$

Se calcula el costo total de la tarea sumando los resultados obtenidos

$$\text{Costo tarea} = (₡0,00 + ₡53,85 + ₡30,00) \times 1,05 = ₡88,04/m^2$$

b. Tarea: Medir y cortar la tabla y reglas de madera

Datos:

- Costo de la electricidad (kWh): ₡159,67/kg
- Gasto de electricidad de la sierra: 0,125 kWh/m (0,25 kWh/m²)
- Reglas de madera para formaleta: ₡3 850/m²
- Rendimiento de la madera para formaleta: 1m²/1m² (100%)
- Rendimiento de la sierra: 18 m/h (0,035 h/m²)
- Costo de la sierra eléctrica (alquiler): ₡18 500,00/día
- Salario del peón: ₡1 950/h
- Rendimiento del peón en uso de madera: 0,05 HH/m²

Se inicia con el cálculo del costo de los materiales, equipo y mano de obra.

$$A = (0,25 \times 159,67) + (100\% \times 3850) = ₡3\,889,92/m^2$$

$$B = 0,035 \times 18\,500,00 = \text{C}\$647,50/\text{m}^2$$

(este costo no se utiliza en la sumatoria final ya que se contempló anteriormente)

$$C = 0,05 \times 1950 = \text{C}\$97,5/\text{m}^2$$

Se calcula el costo total de la tarea sumando los resultados obtenidos

$$\text{Costo tarea} = (\text{C}\$3889,92 + \text{C}\$647,50 + \text{C}\$97,5) \times 1,05 = \text{C}\$4\,866,66/\text{m}^2$$

c. Tarea: Cortar el espacio en donde se vaya a verter el concreto

El costo de esta tarea no se calcula en este apartado ya que se calculó inicialmente en la subactividad 3 (cortar el concreto con la sierra eléctrica).

d. Tarea: Clavar la madera a la superficie

Datos:

- Calvos para formaleta: $\text{C}\$800/\text{kg}$
- % de uso de los clavos en 1 m^2 : 10%
- Salario del peón: $\text{C}\$1\,950/\text{h}$
- Rendimiento del peón en uso de madera: $0,05\text{ HH}/\text{m}^2$

Se inicia con el cálculo del costo de los materiales, equipo y mano de obra.

$$A = 10\% \times 800 = \text{C}\$80,00/\text{m}^2$$

$$B = \text{C}\$0,00/\text{m}^2$$

$$C = 0,05 \times 1950 = \text{C}\$97,5/\text{m}^2$$

Se calcula el costo total de la tarea sumando los resultados obtenidos

$$\text{Costo tarea} = (\text{C}\$80 + \text{C}\$0,00 + \text{C}\$97,5) \times 1,05 = \text{C}\$186,38/\text{m}^2$$

10. Subactividad: Aplicar resina epóxica

a. Tarea: Medir los volúmenes de resina y endurecedor según su ficha técnica

Datos:

- Salario del operario: $\text{C}\$2\,000/\text{h}$
- Rendimiento de un operario en preparación de mezcla: $0,01\text{ HH}/\text{m}^2$

Se inicia con el cálculo del costo de los materiales, equipo y mano de obra.

$$A = \text{C}\$0,00/\text{m}^2$$

$$B = \text{C}\$0,00/\text{m}^2$$

$$C = 0,01 \times 2000 = \text{C}\$20,00/\text{m}^2$$

Se calcula el costo total de la tarea sumando los resultados obtenidos

$$\text{Costo tarea} = (\text{C}\$0,00 + \text{C}\$0,00 + \text{C}\$20,00) \times 1,05 = \text{C}\$21,00/\text{m}^2$$

b. Tarea: Agitar por 2 o 3 minutos

Datos:

- Salario del operario: $\text{C}\$2\,000/\text{h}$
- Rendimiento de un operario en preparación de mezcla: $0,01\text{ HH}/\text{m}^2$

Se inicia con el cálculo del costo de los materiales, equipo y mano de obra.

$$A = \text{C}0,00/\text{m}^2$$

$$B = \text{C}0,00/\text{m}^2$$

$$C = 0,01 \times 2000 = \text{C}20,00/\text{m}^2$$

Se calcula el costo total de la tarea sumando los resultados obtenidos

$$\text{Costo tarea} = (\text{C}0,00 + \text{C}0,00 + \text{C}20,00) \times 1,05 = \text{C}21,00/\text{m}^2$$

c. Tarea: Imprimir la superficie con una capa de resina epóxica, procurando un espesor de 6 mm a 10 mm de las capas

Datos:

- Costo de la resina epóxica: $\text{C}37\,855,00/1,8$ litros
- Rendimiento de la resina epóxica: $2,5 \text{ m}^2/0,9$ litros (11%)
- Costo de la cuchara (unidad): $\text{C}2\,175,00$
- % de uso de la cuchara en 1 m^2 : 1%
- Salario del operario: $\text{C}2\,000/\text{h}$
- Rendimiento de un operario en reparación de concreto: $0,125 \text{ HH}/\text{m}^2$

Se inicia con el cálculo del costo de los materiales, equipo y mano de obra.

$$A = (11\% \times 37\,855,00) + (1\% \times 2\,175,00) = \text{C}7\,517,04/\text{m}^2$$

$$B = \text{C}0,00/\text{m}^2$$

$$C = 0,125 \times 2\,000 = \text{C}250,00/\text{m}^2$$

Se calcula el costo total de la tarea sumando los resultados obtenidos

$$\text{Costo tarea} = (\text{C}7\,517,04 + \text{C}0,00 + \text{C}250,00) \times 1,05 = \text{C}8\,155,39/\text{m}^2$$

d. Tarea: Colocar el concreto

Datos:

- Costo de la arena: $\text{C}19\,800,00/\text{m}^3$
- Rendimiento de la arena: $0,06 \text{ m}^3/\text{m}^2$ (6%)
- Costo de la piedra: $\text{C}19\,800,00/\text{m}^3$
- Rendimiento de la piedra: $0,05 \text{ m}^3/\text{m}^2$ (5%)
- Costo del cemento: $\text{C}7\,920,00/\text{saco}$ de 50 kg
- Rendimiento del cemento: $12,5 \text{ kg}/\text{m}^2$ (25%)
- Costo de la automezcladora de concreto (alquiler): $\text{C}18\,321,60/\text{día}$
- Rendimiento de la automezcladora de concreto: $2 \text{ m}^3/\text{H}$ (aprox. 4% para un m^2)
- Salario del operario: $\text{C}2\,000/\text{h}$
- Rendimiento de un operario en reparación de concreto: $0,125 \text{ HH}/\text{m}^2$

Se inicia con el cálculo del costo de los materiales, equipo y mano de obra.

$$A = (0,06 \times 19\,800) + (0,05 \times 19\,800) + (12,5 \times 7\,920) = \text{C}4\,158,00/\text{m}^2$$

(el costo del agua y electricidad no se contempla para este caso, ya que fue contemplado en otra tarea)

$$B = 4\% \times 18\,321,60 = \text{C}\$732,86/\text{m}^2$$

$$C = 0,125 \times 2\,000 = \text{C}\$250,00/\text{m}^2$$

Se calcula el costo total de la tarea sumando los resultados obtenidos

$$\text{Costo tarea} = (\text{C}\$4158,00 + \text{C}\$732,86 + \text{C}\$250,00) \times 1,05 = \text{C}\$5\,397,90/\text{m}^2$$

e. Tarea: Limpiar la capa con una tela humedecida con solvente periódicamente

Datos:

- Costo del paño de limpieza (unidad): $\text{C}\$1\,015,00$
- % de uso en 1 m^2 : 10%
- Costo del Thinner: $\text{C}\$1\,695/\text{litro}$
- Rendimiento del Thinner: $0,1\text{ l}/\text{m}^2$ (10%)
- Salario del peón: $\text{C}\$1\,950/\text{h}$
- Rendimiento de un peón en limpieza: $0,01\text{ HH}/\text{m}^2$

Se inicia con el cálculo del costo de los materiales, equipo y mano de obra.

$$A = 0,1 \times 1695 = \text{C}\$169,50/\text{m}^2$$

$$B = 10\% \times 1\,015,00 = \text{C}\$101,50/\text{m}^2$$

(el costo del uso del paño no se contempla en la sumatoria final ya que se calculó anteriormente)

$$C = 0,01 \times 1950 = \text{C}\$19,50/\text{m}^2$$

Se calcula el costo total de la tarea sumando los resultados obtenidos

$$\text{Costo tarea} = (\text{C}\$169,50 + \text{C}\$101,50 + \text{C}\$19,50) \times 1,05 = \text{C}\$305,03/\text{m}^2$$

f. Tarea: Dar acabado final con la Llaneta

Datos:

- Costo del agua: $\text{C}\$2\,344,00/\text{m}^3$
- Gasto de agua para reparación de 1 m^2 : $0,08\text{ m}^3/\text{m}^2$ (8%)
- Costo de la Llaneta (unidad): $\text{C}\$3\,365,00$
- % de uso de la Llaneta en 1 m^2 : 5%
- Salario del operario: $\text{C}\$2\,000/\text{h}$
- Rendimiento de un operario en reparación de concreto: $0,125\text{ HH}/\text{m}^2$

Se inicia con el cálculo del costo de los materiales, equipo y mano de obra.

$$A = 8\% \times 2\,344,00 = \text{C}\$187,52/\text{m}^2$$

(el costo del agua en este caso no se toma en cuenta para la sumatoria final ya que la totalidad del consumo del agua para la actividad se contempló anteriormente en la parte e de la subactividad 7)

$$B = 5\% \times 3\,365,00 = \text{C}\$168,25/\text{m}^2$$

$$C = 0,125 \times 2\,000 = \text{C}\$250,00/\text{m}^2$$

Se calcula el costo total de la tarea sumando los resultados obtenidos

$$\text{Costo tarea} = (\text{C}\$187,52 + \text{C}\$168,25 + \text{C}\$250,00) \times 1,05 = \text{C}\$636,06/\text{m}^2$$

11. Subactividad: Compactar con vibrador de inmersión

a. Tarea: Sumergir el vibrador dentro del concreto fresco

Datos:

- Costo del vibrador (alquiler): $\text{C}\$25\,240,38/\text{día}$
- Rendimiento del vibrador: $10\text{ m}^3/\text{H}$ (aprox. 1.5% para un m^2)
- Salario del peón: $\text{C}\$1\,950/\text{h}$
- Rendimiento de un peón en reparación de concreto: $0,1\text{ HH}/\text{m}^2$

Se inicia con el cálculo del costo de los materiales, equipo y mano de obra.

$$A = \text{C}\$0,00/\text{m}^2$$

(el costo del agua y electricidad no se contempla para este caso, ya que fue contemplado en otra tarea)

$$B = 1,5\% \times 25\,240,38 = \text{C}\$378,61/\text{m}^2$$

$$C = 0,1 \times 1\,950 = \text{C}\$195,00/\text{m}^2$$

Se calcula el costo total de la tarea sumando los resultados obtenidos

$$\text{Costo tarea} = (\text{C}\$0,00 + \text{C}\$378,61 + \text{C}\$195,00) \times 1,05 = \text{C}\$602,29/\text{m}^2$$

b. Tarea: Mover los vibradores a lo largo de toda la mezcla vertida

Datos:

- Salario del peón: $\text{C}\$1\,950/\text{h}$
- Rendimiento de un peón en reparación de concreto: $0,1\text{ HH}/\text{m}^2$

Se inicia con el cálculo del costo de los materiales, equipo y mano de obra.

$$A = \text{C}\$0,00/\text{m}^2$$

$$B = \text{C}\$0,00/\text{m}^2$$

$$C = 0,1 \times 1\,950 = \text{C}\$195,00/\text{m}^2$$

Se calcula el costo total de la tarea sumando los resultados obtenidos

$$\text{Costo tarea} = (\text{C}\$0,00 + \text{C}\$0,00 + \text{C}\$195,00) \times 1,05 = \text{C}\$204,75/\text{m}^2$$

12. Subactividad: Curar el concreto

a. Tarea: Rociar la superficie de concreto con agua

Datos:

- Costo del agua: $\text{C}\$2\,344,00/\text{m}^3$
- Gasto de agua para reparación de 1 m^2 : $0,08\text{ m}^3/\text{m}^2$ (8%)
- Costo de la manguera: $\text{C}\$11\,100,00$
- % de uso de la manguera en 1 m^2 : 1%
- Salario del peón: $\text{C}\$1\,950/\text{h}$
- Rendimiento de un peón en limpieza: $0,01\text{ HH}/\text{m}^2$

Se inicia con el cálculo del costo de los materiales, equipo y mano de obra.

$$A = 8\% \times 2\,344,00 = \text{C}\$187,52/\text{m}^2$$

(el costo del agua en este caso no se toma en cuenta para la sumatoria final ya que la totalidad del consumo del agua para la actividad se contempló anteriormente en la parte e de la subactividad 7)

$$B = 1\% \times 11\,100,00 = \text{C}\$111,00/\text{m}^2$$

$$C = 0,01 \times 1950 = \text{C}\$19,50/\text{m}^2$$

Se calcula el costo total de la tarea sumando los resultados obtenidos

$$\text{Costo tarea} = (\text{C}\$187,52 + \text{C}\$111,00 + \text{C}\$19,50) \times 1,05 = \text{C}\$333,92/\text{m}^2$$

13. Subactividad: Limpiar el área de trabajo

a. Tarea: Barrer residuos

Datos:

- Costo de la escobilla (unidad): $\text{C}\$2\,015,00$
- % de uso de la escobilla en 1 m^2 : 2%
- Salario del peón: $\text{C}\$1\,950/\text{h}$
- Rendimiento de un peón en limpieza: $0,01\text{ HH}/\text{m}^2$

Se inicia con el cálculo del costo de los materiales, equipo y mano de obra.

$$A = \text{C}\$0,00/\text{m}^2$$

$$B = 2\% \times 2\,015,00 = \text{C}\$40,30/\text{m}^2$$

$$C = 0,01 \times 1950 = \text{C}\$19,50/\text{m}^2$$

Se calcula el costo total de la tarea sumando los resultados obtenidos

$$\text{Costo tarea} = (\text{C}\$0,00 + \text{C}\$40,30 + \text{C}\$19,50) \times 1,05 = \text{C}\$484,68/\text{m}^2$$

b. Tarea: Gestionar residuos

Esta tarea se gestiona por medio de insumos, ya que es una actividad subcontratada y se calcula mediante el uso del botadero.

Datos:

- Costo del uso de botadero: $\text{C}\$200\,000,00/\text{m}^3$
- % de uso en 1 m^2 : 1%

$$\text{Costo} = 1\% \times 200\,000,00 = \text{C}\$2\,000,00/\text{m}^2 \text{ (este es el total de la actividad)}$$

Mano de Obra

Para saber cuántas horas requiere un operario y un peón para llevar a cabo la actividad, se suma el costo que invierte cada uno en cada tarea:

Operario = $\text{C}\$2\,050,00/\text{m}^2$ se puede decir que es de una hora aproximadamente

Peón = $\text{C}\$1\,599,00/\text{m}^2$ es un poco menos a una hora de trabajo, sin embargo, siendo más prácticos, se dice que un peón tarda una hora al igual que el operario, ya que no hay mucha diferencia entre $\text{C}\$1\,599,00$ y $\text{C}\$1\,950,00$.

Anexos

Anexo 1. Cuadros de Maintaining a State of Good Repair Using Cost Effective Investment Strategies.

Cuadro 48. Ejemplos de las condiciones de las partes del puente.

Examples of Condition-Based Maintenance Activity	Bridge Component
Drains, Repair/Replace	Deck
Joint Seal Replacement	Deck
Joint Repair/Replace/Elimination	Deck
Electrochemical Extraction (ECE)/Cathodic Protection (CP)	Deck
Concrete Deck Repair (see halo effect below) in Conjunction with Overlays, CP Systems or ECE Treatment	Deck
Deck Overlays (thin polymer epoxy, asphalt with waterproof membrane, rigid overlays)	Deck
Repair/Replace Approach Slabs	Approach
Seal/Patch/Repair Superstructure Concrete	Superstructure
Protective Coat Concrete/Steel Elements	Superstructure
Spot/Zone/Full Painting Steel Elements	Superstructure
Steel Member Repair	Superstructure
Fatigue Crack Mitigation (pin-and-hanger replacement, retrofit fracture critical members)	Superstructure
Bearing Restoration (cleaning, lubrication, resetting, replacement)	Superstructure
Movable Bridge Machinery Cleaning/Lubrication/Repair	Superstructure
Patch/Repair Substructure Concrete	Substructure/Culvert
Protective Coat/Concrete/Steel Substructure	Substructure/Culvert
ECE/CP	Substructure/Culvert
Spot/Zone/Full Painting Steel Substructure	Substructure
Pile Preservation (jackets/wraps/CP)	Substructure
Channel Cleaning / Debris Removal	Channel
Scour Countermeasure (installation/repair)	Channel

Fuente: Maintaining a State of Good Repair Using Cost Effective Investment Strategies. Federal Highway Administration.

Anexo 2. Cuadros de Rendimientos.

Cuadro 49. Rendimiento de Arenadora.

Boquillas tipo Venturi (cierre tubular)

Ref.	Diám	Consumo aire l/min		Desgaste por abrasión kg/h		
		6 bar	7 bar	Arena silicea	Granalla metálica	Corindón
56006	3	470	550	55	140	65
56000	4	850	950	95	230	110
56001	5	1500	1800	150	370	175
56002	6	2600	3000	300	700	355
56003	7	4200	4600	470	1050	545
56004	8	4800	5200	500	1200	600
56005	9	5800	6600	590	1350	695
56007	10	6500	7500	670	1550	790

Fuente: Larius.

Anexo 3. Cuadros de licitaciones del SICOP.

Documento adjunto.

Fuente: SICOP.

Anexo 4. Cuadros de rendimientos.

Documento adjunto.

Fuentes: Cartagena99 y Contreras, M.

Referencias

- ACI 224R-01. (2001). *Control de la Fisuración en Estructuras de Hormigón*.
- Alibaba. (s.f.). Limpiador de alta presión. Extraído el 2 de noviembre de 2019, de: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/500-bar-700-bar-high-pressure-water-jet-hydroblasting-60620431469.html>
- Asamblea Legislativa. (1998). *Ley 7798, Creación del Consejo Nacional de Vialidad*.
- ASTM. (2019). Consulta de normas. American Society for Testing and Materials. Consultado el 18 de agosto de 2019, en: <https://www.astm.org/>
- Bosque D & Cordero M. (abril, 2018). El puente de General Viejo se puede caer, advierte el MOPT a vecinos de Pérez Zeledón. La Nación. Consultado el 04 de abril de 2019, en: <https://www.nacion.com/el-pais/infraestructura/puente-hechizo-en-general-viejo-corre-el-riesgo-de/Z4HGJJGS2RFSFEP2IV3TD7FVOA/story/>
- Capris CR. (septiembre, 2019). Consulta de precios de materiales y equipo. Consultado el 18 de septiembre de 2019, en: <https://capris.cr/>
- Cartagena99. (2016). Catálogo de Rendimientos de mano de obra. Consultado el 18 de septiembre de 2019, en: http://www.cartagena99.com/recursos/matematicas/apuntes/CATALOGO_DE_RENDIMIENTOS_DE_MANO_DE_OBRA.pdf
- Castillo Barahona, R., & Murillo Madrigal, J. A. (marzo de 2014). El sistema informático para la administración de estructuras de puentes de Costa Rica (SAEP): ¿Vamos en la dirección correcta? Boletín Técnico. Volumen 5 No. 52, Unidad de Puentes, PITRA, LanammeUCR. Obtenido de <https://www.lanamme.ucr.ac.cr/repositorio/bitstream/handle/50625112500/871/52.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Castillo, R. (junio, 2013). *Puentes en Costa Rica: víctimas de la desidia y el olvido*. Revista Construir edición 110-2012. Consultado el 11 de julio de 2019, en: <http://www.lanamme.ucr.ac.cr/sitio-nuevo/images/boletines/44.pdf>
- Contreras, M. (s.f.). TABLA DE RENDIMIENTOS DE MANO DE OBRA. Universidad Santo Tomás, Colombia. Consultado el 18 de septiembre de 2019, en: https://www.academia.edu/6118192/1701_TABLA_DE_RENDIMIENTOS_DE_MANO_DE_OBRA?auto=download
- Construplaza. (septiembre, 2019). Consulta de precios de materiales y equipo. Consultado el 18 de septiembre de 2019, en: <https://www.construplaza.com/>
- CYM. (s.f.). Equipos de protección de operario. CYM MATERIALES SA. Consultado el 24 de septiembre de 2019, en: <https://cym.com.ar/intranet/Aire-comprimido-Equipos-de-proteccion.pdf>
- Dirección de Planificación Sectorial, Departamento de Medios de Transportes del Ministerio de Obras Públicas y Transportes. (2014). Manual de especificaciones técnicas para realizar el inventario y evaluación de la Red Vial Cantonal (Decreto No. 38578-MOPT- 21-10-2014). San José, Costa
- DNIT & ENGESUR. (2010). *MANUAL DE RECUPERAÇÃO DE PONTES E VIADUTOS RODOVIÁRIOS*. Departamento Nacional de Infraestructura de Transportes e Instituto de Investigación Vial. Obtenido de: http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/manuais/documentos/744_manual_recuperacao_pontes_viadutos.pdf
- Do Lago Helene, P. (1997). Manual para la Reparación, Refuerzo y Protección de las estructuras de concreto. Ciudad de México: © 2015, Instituto Mexicano del

- Cemento y del Concreto, A. C. Obtenido de http://www.imcyc.com/redcyc/imcyc/biblioteca_digital/MANUAL_DE_REPARACION_REFUERZO_Y_PROTECCION_DE_LAS_ESTRUCTURAS_DE_CONCRETO.pdf
- eBridge. (2018). Reconocimiento a Prácticas Promisorias en la Gestión Pública Programa de Evaluación de Estructuras de Puentes eBridge. Tecnológico de Costa Rica.
- El LAGAR. (septiembre, 2019). Consulta de precios de materiales y equipo. Consultado el 18 de septiembre de 2019, en: <https://www.ellagar.com/>
- EPA. (septiembre, 2019). Consulta de precios de materiales y equipo. Consultado el 18 de septiembre de 2019, en: <https://cr.epaenlinea.com/?SID=uiod2ts91794auvchcsvhnp2qm>
- Federal Highway Administration. (agosto de 2011). Maintaining a State of Good Repair Using Cost Effective Investment Strategies. Obtenido de <https://transportation.ky.gov/Maintenance/Documents/AASHTO%20Presentations/Bridges%20Technical%20Working%20Group/Bridge%20Preservation%20Guide-5-12-2011.pdf>
- Federal Highway Administration. (agosto de 2011). *Maintaining a State of Good Repair Using Cost Effective Investment Strategies*. Obtenido de: <https://transportation.ky.gov/Maintenance/Documents/AASHTO%20Presentations/Bridges%20Technical%20Working%20Group/Bridge%20Preservation%20Guide-5-12-2011.pdf>
- Federal Highway Administration. (2018). *Maintaining a Resilient Infrastructure to Preserve Mobility*. Obtenido de <https://www.fhwa.dot.gov/bridge/preservation/guide/guide.pdf>
- FerrePro. (s.f.). Imprimantes a base agua: reforzando la pintura. Extraído el 2 de noviembre de 2019, de: <http://ferrepro.mx/imprimantes-a-base-agua-reforzando-la-pintura/>
- Garita, C & Ortiz, G. (2018). Informe del Proyecto: eBridge 3.0: Sistema para el monitoreo de puentes. Tecnológico de Costa Rica.
- Garita, C., Ortiz, G., & Mora-Mora, J. (2018). Análisis de requerimientos para un sistema de monitoreo de puentes. Revista Tecnología en Marcha ,31(4), pág. 63-72. Obtenido de http://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/3965/3548
- Generación. (junio, 2014). Emape inicia trabajos de sustitución de vigas del puente Brasil. Extraído el 16 de septiembre de 2019, de: <http://www.generacion.com/noticia/195889/emape-inicia-trabajos-sustitucion-vigas-puente-brasil>
- Georgia Department of Transportation. (29 de junio de 2012). Bridge Structure Maintenance and Rehabilitation, Repair Manual.
- Grupo de investigación eBridge. (2019). Informe del inventario de puentes en rutas nacionales de febrero del 2019.
- Grupo Vikingo. (septiembre, 2017). PROVISIÓN E INSTALACIÓN JUNTAS JCV-200 PROYECTO VIAL QUITO-MITAD DEL MUNDO. Extraído el 16 de septiembre de 2019, de: <https://cauchosvikingo.com/portfolio/provision-e-instalacion-juntas-jcv-200-proyecto-vial-quito/>
- Indianápolis Star. (septiembre, 2019). Another 15-day closure of I-465 started Friday. Here's what you need to know. Extraído el 16 de septiembre de 2019, de: <https://www.indystar.com/story/news/local/transportation/2019/09/04/indianapolis-traffic-full-closure-interstate-465-southeast-side/2062861001/>
- Ingeniero Marino. (s.f.). Corrosión y tratamiento de superficies. Extraído el 2 de noviembre de 2019, de: <https://ingenieromarino.com/corrosion-y-tratamiento-de-superficies-tratamiento-de-la-obra-viva-del-buque/>
- Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales. (noviembre de 2005). Informe de Auditoría Técnica Externa de Seguridad Vial. Extraído el 2 de noviembre de 2019, de: <https://www.lanamme.ucr.ac.cr/repositorio/bitstream/handle/50625112500/1099/LM-PI-PV-AT-29-05%20An%C3%A1lisis%20de%20la%20seguridad%20vial%20de%20los%20guarda%20v%C3%ADas%20en%20carreteras%20nacionales.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Lemara Restauraciones. (s.f.). Motero epóxico. Extraído el 2 de noviembre de 2019, de: https://www.lemara.es/wp-content/uploads/2017/08/3_mortero_epoxi-min.jpg
- INTECO. (s.f.). Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica. Sitio Web oficial. Consultado el 10 de julio de 2019, en: <https://www.inteco.org/>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2011). Censo de población. Costa Rica: INEC.
- INVIAS. (octubre, 2003). Estudio e investigación del estado actual de las obras de la red vial nacional de carreteras: Manula de para la inspección visual de puentes y pontones. Instituto Nacional de Vías. Colombia. Obtenido de: <https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos-tecnicos/manuales-de-inspeccion-de-obras/976-manual-para-la-inspeccion-visual-de-puentes-y-pontones/file>
- ISO. (1996). Quality standard meaning. International Organization for Standardization. Obtenido de: <https://www.iso.org/home.html>
- JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA). (marzo de 2018). THE PROJECT FOR CAPACITY ENHANCEMENT IN ROAD MAINTENANCE PHASE II. Volume I: Main Report. Obtenido de http://open_jicareport.jica.go.jp/pdf/12306072.pdf
- JICA. (2014). *Improvement of Quality Management for Highway and Bridge Construction and Maintenance, Phase II. Bridge Repair Manual (2da Edition)*.
- La Crónica. (marzo, 2012). Por ocho días estará cerrado el puente que de Barragán lleva al Valle del Cauca por reparaciones. Extraído el 16 de septiembre de 2019, de: <http://www.cronicadelquindio.com/noticia-completa-titulo-por-ocho-dias-estara-cerrado-el- puente-e-que-de-barragan-lleva-al-valle-del-cauca-por-reparaciones-seccion--nota-43733.htm>
- LARIUS. (2019). Ficha técnica de las arenadoras. Consultado el 18 de septiembre de 2019, en: <http://www.larius.eu/public/LARIUS/categoria/ugelliVenturiES.pdf>
- Mendoza, W; F, Navarro, L & Portillo, F. (agosto, 2003). *MANUAL PARA EL MANTENIMIENTO RUTINARIO Y PREVENTIVO DE PUENTES DE EL SALVADOR*. Universidad de El Salvador. El Salvador. Consultado el 10 de julio de 2019, de: <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/2155/1/Manual-para-el-mantenimiento-rutinario-y-preventivo-de-puentes-de-El-Salvador.pdf>
- MTC. (2013). *MANUAL DE CARRETERAS – CONSERVACION VIAL*. Ministerio de Transportes y Comunicaciones de Perú. Obtenido de: http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/P_recientes/4877.pdf
- MOPC. Manual de carreteras del Paraguay, normas para estructuras y puentes. Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones. Obtenido de: <https://www.mopc.gov.py/userfiles/files/Guia%20de%20puentes.pdf>
- MOPT. (2007). *Lineamiento para Mantenimiento de Puentes*.
- MOPT. (enero de 2007). *Manual de Inspección de Puentes*. Obtenido de https://www.mopt.go.cr/wps/wcm/connect/31625228-76c4-44cf-963e-8d8b31540a79/manual_inspeccion2007.pdf?MOD=AJPERES
- MOPT. (2010). *Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes (CR-2010)*. Obtenido de <https://www.mopt.go.cr/wps/wcm/connect/28a27ca9-2ec2-49ae-838c-6f89e21d43b4/CR-2010.pdf?MOD=AJPERES>
- MOPT. (2015). *MANUAL DE ESPECIFICACIONES GENERALES PARA LA CONSERVACIÓN DE CAMINOS, CARRETERAS Y PUENTES (MCV-2015)*. Obtenido de <https://www.lanamme.ucr.ac.cr/repositorio/bitstream/handle/50625112500/847/Manual%20MCV-2015%20Oficial.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Municipalidad de El Guarco (2016). *PLAN CANTONAL DE DESARROLLO*

- HUMANO LOCAL (PCDHL) 2016-2026.*
Cartago.
- Municipalidad de El Guarco (2016). *PLAN DE CONSERVACIÓN Y DESARROLLO VIAL CANTONAL 2016-2021.* Cartago.
- Muñoz, W. (s.f.). *ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD EN OBRAS DE REPARACIÓN TIPO EN PUENTES.* Universidad Distrital de Colombia.
- New York State Department of Transportation. (2008). *Fundamentals of Bridge Maintenance and Inspection.*
- Ortiz, G. (Setiembre de 2012). eBridge: Predicción remota de falla en puentes. Obtenido de <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/5149>
- Ortiz, G., & Páez, G. (10 de junio de 2019). Propuesta para la valoración del estado y costeo de puentes. Cartago.
- Páez Gonzáles, B. G. (enero de 2017). Propuesta de modelo de priorización y metodologías para la intervención de losas, juntas y apoyos en puentes. Proyecto Final de Graduación para optar por el título de Máster en Ingeniería Vial. Escuela de Ingeniería en Construcción, Tecnológico de Costa Rica. 135 p.
- Presidencia de la República y el MOPT. (10 de octubre de 2012). Decreto Ejecutivo: 37347. Obtenido de http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=73393&nValor3=90068&strTipM=TC
- Programa de Evaluación de Estructuras de Puentes (PEEP). (2014-2018). Informes de inspección visual y de inventario. Cartago.
- Programa Estado de la Nación & Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2013). Indicadores Cantonales. Censos Nacionales de Población y Vivienda 2000 y 2011. Gerencia de Logística y recursos Institucionales / ICE. San José, Costa Rica.
- Programa Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible, Indicadores Cantonales, San José, Costa Rica, 2013.
- Rodríguez, A. (2012). Puentes. Perú. Recuperado el 04 de julio de 2019 de: <https://stehven.files.wordpress.com/2015/06/puentes-ing-arturo-rodriguez-serquen.pdf>
- SIECA. (2000). *MANUAL CENTROAMERICANO DE MANTENIMIENTO DE CARRETERAS.* Secretaría de Integración Económica Centroamericana. COMITRAN. Consultado el 10 de julio de 2019, de: <https://www.mopt.go.cr/wps/wcm/connect/9f13b0df-98ff-45ba-b5c0-1e42d34a39bd/SIECA-PreciosUnitarios.pdf?MOD=AJPERES>
- SICOP. (s.f.). Sistema Integrado de Compras Públicas. Consultado en septiembre del 2019, en: <https://www.sicop.go.cr/index.jsp>
- TECYRSA. (diciembre, 2017). USO DE LA POLIUREA EN IMPERMEABILIZACIONES DENTRO DEL SECTOR DE LA OBRA CIVIL. Extraído el 16 de septiembre de 2019, de: <http://tecyrsa.com/uso-la-poliurea-impermeabilizaciones-dentro-del-sector-la-obra-civil/>
- Transit New Zealand. (2001). *Bridge Inspection and Maintenance Manual.* Consultado el 10 de julio de 2019, en: <https://www.nzta.govt.nz/assets/resource/s/bridge-inspection-maintenance-manual/docs/title-pages-and-contents.pdf>
- TII. (2017). *EIRSPAN Bridge Management System Routine Maintenance Manual.* Transport Infrastructure Ireland. Consultado el 10 de julio de 2019, en: <https://www.tiipublications.ie/library/AM-STR-06055-01.pdf>
- Valverde, G. (octubre de 2013). *Manual para el desarrollo de proyectos de infraestructura desde la óptica de la seguridad vial.* Segunda Edición. Obtenido de <https://www.csv.go.cr/documents/10179/20401/SEGURIDADVIAL+Manual+050314.pdf/4d181337-7fce-43bf-b412-8e8ee92eb2ae>
- Vial. (octubre, 2016). Barandas seguras para puentes y viaductos. Revista electrónica. Consultado el 05 de julio de 2019, en: <http://revistavial.com/barandas-seguras-para-puentes-y-viaductos/>
- Umaña, J. (octubre, 2018). Foro: Estado de puentes del país genera preocupación a especialistas. CFIA. San José. Consultado el 08 de julio de 2019, en:

<https://www.tec.ac.cr/hoyeneltec/2018/10/19/estado-puentes-pais-genera-preocupacion-especialistas>

- UNE. (s.f.). Normalización Española. Página Web oficial. Consultado el 10 de julio de 2019, en: <https://www.une.org/>
- White, K., Minor, J., & Derucher, K. (1992). Bridge Maintenance, Inspection and Evaluation. Second Edition. New York: Marcel Dekker, Inc.
- Winiker, T. (junio, 2019). *Manual para el mantenimiento de puentes en Costa Rica*. Proyecto final de graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería en Construcción. Tecnológico de Costa Rica. Cartago.
- Yepes, V. (noviembre, 2018). Proceso Analítico Jerárquico (Analytic Hierarchy Process, AHP). Universidad Politécnica de Valencia. España. Obtenido de: <https://victoryepes.blogs.upv.es/2018/11/27/proceso-analitico-jerarquico-ahp/>