

# **Priorización de 20 puentes que comprenden 5 distritos del cantón de Turrialba**

# Abstract

The lack of information regarding the quantity, characteristics, state and maintenance of the bridges at the cantonal level is very little, this since the Municipalities in charge of watching over these structures in most cases do not have all this data collected. In addition to the fact that the economic resources established for the country's road maintenance are limited, it generates great concern in this regard.

Therefore, this project aimed to establish the prioritization of 20 bridges present in 5 districts of the canton of Turrialba, with respect to their importance of the road they travel, for this a database was generated where all the necessary information from Each structure, in turn, each one of these was evaluated with respect to the Bridge Inspection Manual (MOPT M. d., 2007).

After evaluating all the bridges, it was prioritized based on two performance indicators (Ortiz-Quesada, Garita-Rodríguez, Navarro-Mora, & Paez, 2020) to obtain a rating on the status of all of these.

Finally, the two most deficient structures were provided with comprehensive solutions to their problems, in order to repair them at some point and prevent their structural health from worsening and causing some tragedy.

Keywords: inspection, evaluation, performance indicators, carbon fibers, bridges.

# Resumen

La falta de información en cuanto a la cantidad, características, estado y mantenimiento de los puentes a nivel cantonal es muy amplia. Esto ya que las Municipalidades encargadas de velar por estas estructuras en la mayoría de los casos no tienen los datos recopilados. Sumado a que los recursos económicos que se estableen para la conservación vial del país son limitados, se genera gran preocupación al respecto.

Por ello, este proyecto tuvo como objetivo establecer la priorización de 20 puentes presentes en 5 distritos del cantón de Turrialba, para ello se generó una base de datos donde se recopila toda la información necesaria de cada estructura, a su vez, se evaluó cada uno de estos con respecto al Manual de Inspección de Puentes (MOPT, 2007).

Después de inspeccionar y evaluar todos los puentes, se priorizaron con base en dos indicadores de desempeño (Ortiz et al, 2020), para obtener una calificación sobre el estado actual de todos estos.

Finalmente, las dos estructuras más deficientes se les brindó recomendaciones para intervenir sus problemas, con el fin de que se logren reparar en algún momento y evitar que su estado de salud estructural empeore y llegue a ocasionar alguna tragedia.

Palabras clave: inspección, evaluación, indicadores de desempeño, puentes.

# **Priorización de 20 puentes que comprende 5 distritos del cantón de Turrialba**

# **Priorización de 20 puentes que comprende 5 distritos del cantón de Turrialba**

RICARDO DE JESÚS HIDALGO MOYA

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

DICIEMBRE, 2021

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA  
ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN

San José, 06 de abril del 2022

## Corrección filológica

Lic.: Darsy A. Navarro Corrales  
Email: [darsy.navarro@ucr.ac.cr](mailto:darsy.navarro@ucr.ac.cr)  
Tel.: 87526671

Instituto Tecnológico de Costa Rica  
Comisión Evaluadora de Trabajos Finales  
  
Escuela de Ingeniería en Construcción  
Comité Asesor

---

Estimados señores:

El estudiante, Ricardo de Jesús Hidalgo Moya, con número de cédula: 1 1682 0425; me ha presentado, para efectos de corrección filológica, el Proyecto Final de Graduación intitulado: ***Priorización de 20 puentes que comprenden 5 distritos del cantón de Turrialba***, el cual elaboró para optar por el grado académico de Licenciatura en Ingeniería en Construcción.

En este he revisado, de acuerdo con los lineamientos de la corrección de estilo señalados por la RAE, los aspectos de estructura gramatical, acentuación, ortografía, puntuación y los vicios de dicción, que se trasladan al escrito; además, he verificado que se realizaron todas las correcciones indicadas en el documento. Por consiguiente, doy fe de que este trabajo (Proyecto) se encuentra listo para ser presentado oficialmente ante la Universidad.

Atentamente,



Lic. Darsy A. Navarro Corrales

Asociado COLYPRO número: 89844

# Contenido

Prefacio .....	1
Resumen ejecutivo.....	2
Introducción.....	4
Marco teórico .....	5
Metodología .....	30
Resultados .....	37
Análisis de los resultados .....	47
Conclusiones.....	49
Recomendaciones .....	50
Apéndices .....	51
Referencias .....	111

# Prefacio

En el año 2019, se dio a conocer un inventario de puentes (propiedad del CONAVI) en las rutas nacionales del país en el cual el Programa de Evaluación de Estructuras de Puentes (PEEP) y el programa *eBridge* en conjunto, inspeccionaron y evaluaron 1670 estructuras. En este, no se tomaron en cuenta los puentes de las rutas cantonales, los cuales como menciona (Ortiz, 2019), son más de 6 mil que para las municipalidades son toda una incognita.

Luego, el 20 de julio del 2020, el Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (Lanamme), dio a conocer que desde el año 2010 por medio de convenios que han tenido con algunas Municipalidades del país, han podido inspeccionar alrededor de 718 estructuras (Contreras, 2020). Lo que indica, que se ha dado un progreso en cuanto a la recopilación de la información de las rutas cantonales del país. Sin embargo, no todos los entes estatales encargados de velar por estas estructuras se preocupan o poseen una unidad con bases sólidas y bien organizada para establecer estos convenios, mucho menos si no posee una subunidad de puentes en específico.

La Unidad de Gestión Vial de la Municipalidad de Turrialba, carece de información robusta y detallada sobre 30 puentes que poseen en su archivo de datos (de los cuales no abarcan la totalidad de estructuras presentes en todo el cantón). Esas estructuras no abarcan todos los distritos, por lo que se desconoce el número total de puentes que posee Turrialba, sin embargo, se estimó que pueden ser alrededor de 100. Se tienen leves datos sobre los distritos más céntricos pero las zonas más alejadas y rurales se desconoce del todo su verdadero estado actual.

Por esta razón, el proyecto desarrollado se basa la inspección, evaluación y finalmente como

objetivo principal, priorización de 20 puentes de los 5 distritos de mayor influencia en el cantón. Todo esto para brindar un mayor aporte al país y enriquecer la información existente de estos puentes que por lo general, están aún más en el olvido que los más transitados (rutas nacionales primarias, secundarias y terciarias) y que pueda servir como ejemplo para las demás Municipalidades que se encuentran en un estado similar y les incentive este tipo iniciativa en su caso específico y por qué no, llegar a tener en algún momento debidamente monitoreados esos más de 6 mil puentes cantonales.

## Agradecimientos:

En primera instancia, agradezco a Dios por mantenerme con salud y permitirme recopilar toda la información necesaria; a mis padres que son un pilar fundamental en mi vida. También, un agradecimiento sincero a mi profesora guía Giannina Ortiz Quesada, por brindarme su apoyo y guiarme durante todo este largo proceso, asimismo, al ingeniero Julio Mora Solano de la Municipalidad por brindarme la oportunidad de llevar a cabo este proyecto de la mano de ellos. Por último, pero no menos importante, al ingeniero Rolando Pereira Calderón por brindarme su conocimiento y ayuda desde que inicié en el ámbito de las estructuras de puentes como asistente de campo hasta el momento.

# Resumen ejecutivo

La Municipalidad de Turrialba actualmente no cuenta con una información profunda y detallada sobre el estado actual de sus estructuras de puentes. Hasta la fecha solo se conocen alrededor de 30 estructuras de las cuales cerca del 20% son puentes relativamente nuevos (entre 4-5 años de construidos), sin embargo, se desconocen gran parte de los puentes de todos los 12 distritos que componen al cantón. La unidad de Gestión Vial se enfoca mucho en la importancia de los caminos y les da prioridad a estos por lo que la priorización va enfocada en ello, sin dejar de lado la parte estructural de los puentes.

Es por ello por lo que surge la necesidad y la importancia de contar con una base de datos, que sirva para registrar, evaluar y posteriormente priorizar las estructuras. Así, las intervenciones que requieran cada uno de estos puentes sean gestionados con los recursos adecuados.

En la actualidad, se inspeccionaron 20 puentes de 5 distritos distintos, de los cuales 4 poseen un estado deficiente, 11 insatisfactorio y el resto cuenta con estado aceptable y/o satisfactorio (2 y 3, respectivamente). Los daños se presentan debido a la falta de mantenimiento o de prácticas constructivas inadecuadas lo que genera un deterioro aún mayor. Aproximadamente, el 90% de estos puentes son estructuras muy viejas, que fueron construidas mediante métodos empíricos y con el fin de mantener comunicados los caminos sea como sea. Ya que, muchas comunidades dependen solo de ciertas rutas para poder desplazarse a los lugares más céntricos de la zona, no existen rutas alternas para ello.

Conociendo las necesidades mencionadas anteriormente, este proyecto tiene como objetivo la iniciativa de recolectar la información técnica sobre los 20 puentes ya mencionados y archivar toda esta información para que sea evaluada mediante el Manual de Inspección de Puentes del país (MOPT, 2007), la cual se almacena en una base de datos hecha en el programa Microsoft Excel.

Una vez evaluadas las estructuras se pretende priorizarlas mediante el uso de dos indicadores de desempeño (Ortíz et al, 2020) y así determinar el grado de daño que estas poseen actualmente. Esta metodología empleada da una idea mucho más certera ya que no solo involucra la parte estructural sino también la parte socioeconómica y la importancia del camino.

Los resultados obtenidos mostraron que los puentes con condiciones deficientes fueron 4 (Puente San Antonio, Bonillita, Rio Lajitas 1 y Bar Arca de Noe). Sin embargo, solo a los puentes San Antonio y Bonillita se les propuso una solución.

El Puente San Antonio es un puente de concreto en su totalidad, sus daños están en las vigas principales, las cuales presentan descascamiento y acero de refuerzo expuesto, corroído y oxidado; en sus bastiones poseen socavación en las fundaciones. La propuesta de intervención realizada fue la de la sustitución total de la estructura por una completamente nueva.

En el Puente Bonillita, se tienen vigas de acero las cuales presentan gran oxidación y corrosión tanto en el ala como en el alma; uno de sus bastiones posee una grieta en su cuerpo principal de lado a lado horizontalmente, junto con parte del talud de relleno socavado. En este caso, la recomendación de intervención fue la misma que la del puente anterior, reconstrucción total de la estructura.

En general, todos presentaron daños a nivel de oxidación, corrosión, grietas, socavaciones, descascamientos, entre otros. Se hizo énfasis en las dos estructuras más deficientes, sin embargo, en la sección de anexos se detalla la evaluación de cada uno de los 20 puentes.



# Introducción

La realización de este proyecto pretende mejorar la información técnica adquirida hasta el momento, por la Municipalidad de Turrialba, sobre las estructuras de puentes en los distritos de Santa Cruz, Santa Teresita, Tayutic, Tuis y Turrialba (centro) mediante la creación de una base de datos digital. Esta se realizará con base en la información obtenida según los lineamientos establecidos en el “Manual de Inspección de Puentes” del Ministerio de Obras Públicas y Transporte (MOPT, 2007), el cual indica todos los procedimientos necesarios para la correcta inspección de las estructuras (visualización de daños, dimensionamiento de elementos, esquemas, caracterización de elementos, entre otros).

Además, una vez evaluados los 20 puentes se priorizaron de acuerdo con dos indicadores presentes en la metodología de intervenciones en puentes utilizando indicadores (Ortiz et al, 2020), donde se evalúe la condición estructural y la socioeconómica.

El hecho de no tener claro el estado de estas estructuras hace aún más complicado que este ente pueda solventar las necesidades y deficiencias que estos posean, por lo que, si se requiere alguna intervención, la mayoría de las veces las hacen sin algún sustento técnico el cual vaya a ser del mayor provecho posible.

Los puentes dos en estado más severo (deficiente), se les propuso recomendaciones de intervención para que la Municipalidad tenga un panorama más claro de cuales estructuras son las que requieren mayor atención y cuales pueden seguir funcionando con normalidad. A su vez, poder añadir toda esta información de gran valor al Plan Quinquenal Vial de Desarrollo (del periodo 2019-2023).

## Objetivos

### Objetivo general

Priorizar la intervención de 20 puentes que comprenden 5 distritos del cantón de Turrialba.

### Objetivos específicos

Inspeccionar las 20 estructuras de puentes presentes en 5 diferentes distritos del cantón de Turrialba.

Evaluar el estado de los 20 puentes con respecto al manual de inspección de puentes del MOPT y registrar dicha información en una base de datos para la Municipalidad.

Analizar la información obtenida a partir de la evaluación de los 20 puentes y priorizar dichas estructuras con respecto a los indicadores de desempeño de la evaluación estructural y socioeconómica.

Brindar posibles recomendaciones de intervención a los 2 puentes que se prioricen en estado deficiente.

# Marco teórico

## Puentes

Para (MOPT), (2007) los puentes son estructuras construidas para salvar un cauce o extensión de agua como una quebrada, río, canal, lago, bahía, cañón, etc. También, se conocen como obras civiles de 20 pies (6.1m) o más de extensión longitudinal (entre bastiones) sobre una depresión u obstáculo, que podría ser agua, una carretera o línea ferrea que está expuesta a cargas de movimiento tales como camiones de carga o vehículos pasajeros según (Administration, 1995).

En el caso específico de las alcantarillas (Figura 3), son estructuras que poseen de una a cuatro celdas o tramos que pueden ser de forma circular, rectangular u ovalada; en la cual la longitud libre entre cada celda es menor a 6 metros. A diferencia de los puentes, estas cuentan con el piso revestido y además requieren de aletones, cabezales y delantales para garantizar su funcionamiento.

## Componentes de un puente

Estas estructuras se pueden dividir en cuatro subgrupos principales, según (MOPT), (2007) son:

- **Accesorios:** son los elementos que no poseen función estructural, pero son de vital importancia para garantizar el buen funcionamiento de la estructura. Lo componen la superficie de rodamiento, las barandas y las juntas de expansión.
- **Superestructura:** compuesta por el piso (o losa en su defecto), elementos principales (vigas, cerchar y arco) y los elementos secundarios (diafragmas, sistemas de arriostramiento, portales, aceras, etc.).
- **Subestructura:** comprendida por los apoyos, los bastiones y las pilas.
- **Accesos de aproximación:** compuesta por los rellenos con sus respectivas protecciones y la losa de aproximación (cuando exista).

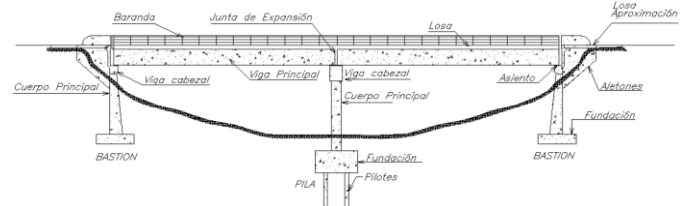


Figura 2. Elementos principales de un puente. (MOPT, 2007).



Figura 3. Alcantarilla con dos celdas rectangulares, aletones y delantal. (Autoría propia, 2021).

## Accesorios

- **Superficie de rodamiento:** se refiere a la capa de desgaste que se coloca sobre la plataforma del sistema de piso para protegerlo de la abrasión producida por el tráfico; puede ser de asfalto o concreto con espesores que varían de 12.54cm a 5cm. Sin embargo, debido a malas prácticas del mantenimiento de carreteras, este espesor algunas veces es mayor por la inapropiada colocación de sobrecapas de asfalto.
- **Barandas:** sistema de contención longitudinal fijada al sistema de piso para evitar la caída al vacío de los usuarios, vehículos, ciclistas y peatones; pueden ser de concreto o de acero.
- **Juntas de expansión:** elementos divisorios de la losa instalados en extremos de cada tipo de superestructura que permite la traslación de la losa y/o rotación, para garantizar la expansión y contracción de la superestructura por la temperatura y sismo.

En Costa Rica los cuatro tipos de juntas de expansión más comunes son:

- **Juntas abiertas:** típicamente cuentan con angulares o perfiles de acero para prevenir el desprendimiento del concreto en los bordes externos.
- **Juntas selladas:**
- **Juntas rellenas:** aplican para puentes cortos con desplazamientos menores a 3.81cm (pulgada y media). Similares a las juntas abiertas, pero cuentan con una tapajunta de goma o banda de hule perforado tipo *water stop* para garantizar el relleno premoldeado que se sella con hule churreado (Figura 4).

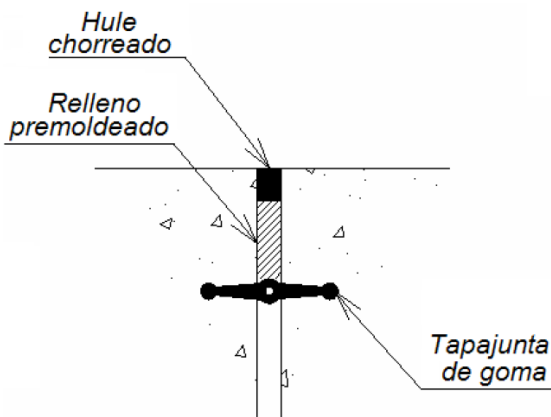


Figura 4. Ejemplo de una junta rellena. (MOPT, 2007).

- **Juntas con sellos comprimidos o de neopreno:** se aplican en puentes con desplazamientos entre 1.27cm a 6.35cm (entre media pulgada y dos pulgadas y media). Se instala un sello elástico preformado comúnmente de neopreno de celda abierta, comprimido dentro de una junta abierta y adherido a esta, la elasticidad del material del sello permite la impermeabilidad de la junta y admite el movimiento de la losa (Figura 5).

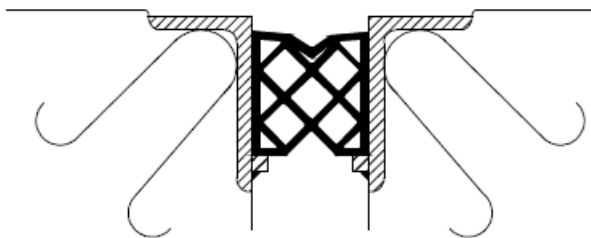


Figura 5. Ejemplo de una junta rellena con sello de neopreno. (MOPT, 2007).

- **Juntas de placas de acero deslizante:** aplicable en puentes con desplazamientos mayores a 10.1cm (cuatro pulgadas). Consiste en una placa de acero anclada a uno de los extremos de la abertura que se desliza permitiendo el movimiento de la superestructura (Figura 6).

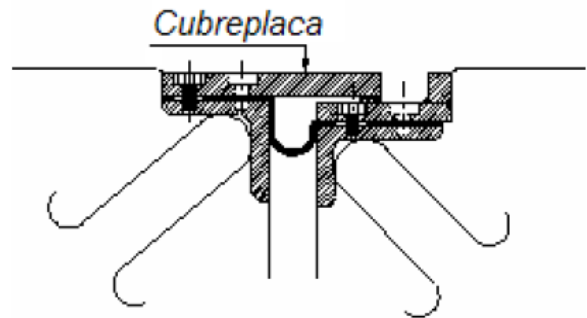


Figura 6. Ejemplo de una junta rellena con sello de neopreno. (MOPT, 2007).

- **Juntas de placas dentadas:** se aplican en puentes con desplazamientos de hasta 6.1cm (veinticuatro pulgadas). Compuestas por dos placas de acero en forma de dedos o dientes que se entrelazan dejando un área libre entre sí para admitir los movimientos. Para garantizar la impermeabilidad de la junta es necesario completarla con un drenaje mediante material elastomérico, instalado por debajo de las placas.

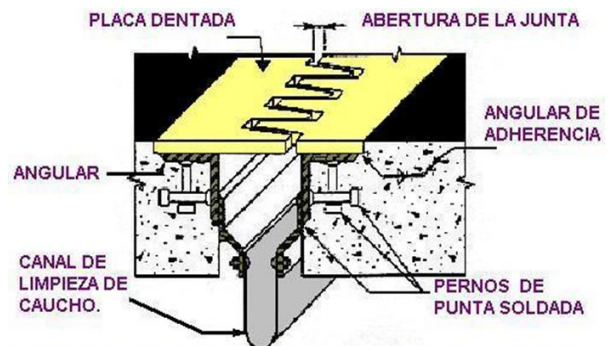


Figura 7. Ejemplo de una junta de placa dentada. (Lobo, s.f).

Superestructura

La comprenden los elementos estructurales por encima de los apoyos de un puente, es decir, el sistema de piso, los elementos principales (vigas, cerchas, arcos y sistemas de suspensión (puentes colgantes y atirantados), y los elementos secundarios (diafragmas, viguetas de piso, arriostres, portales, etc.).

- **Sistema de piso:** comúnmente denominado “losa” es la plataforma sobre la cual circula la carga vehicular, puede ser de concreto reforzado, acero o madera. El sistema de piso tiene como función principal la transferencia de la carga viva a los elementos principales de la superestructura que pueden ser arcos, cerchas y vigas.
- **Elementos principales:** su función principal es soportar las cargas transferidas a ellos por el sistema de piso y a su vez transmitir los esfuerzos resultantes hacia la subestructura a través de los apoyos. Cada rango de longitud de puente cuenta con el tipo de elemento más eficiente para soportar los esfuerzos producidos por las cargas, el cual también determina el tipo de superestructura.
- **Elementos secundarios:** todos aquellos que distribuyen adecuadamente las cargas, generan mayor rigidez lateral y torsional restringiendo las deformaciones de los elementos principales para que estos sean más eficientes. Por ejemplo, los diafragmas en sentido transversal, los arriostamientos en planta inferior y en planta superior que unen entre si las vigas principales, cerchas y arcos.

Existen diversos tipos de superestructuras, estos se definen en función del modelo estructural y el material de sus elementos principales. Sin embargo, se deben considerar aspectos como la disponibilidad del material, velocidad de la construcción, mantenimiento, costos y aspectos ambientales.

#### Tipos:

**Superestructura de vigas:** pueden ser de viga simple o de viga continua, la diferencia radica en que la primera posee una viga principal con dos apoyos con juntas de expansión al inicio y al final del tramo; la segunda una viga principal con más de dos apoyos. Los tipos más comunes de vigas sometidas a esfuerzos de flexión y cortante son:

- **Viga losa:** funciona como viga plana si requerir de ningún elemento adicional.
- **Viga I:** comúnmente denominado tipo “I”, son perfiles *W* de acero o de concreto, este último caso solo aplica para elementos prefabricados que son preesforzados.
- **Vigas T:** poseen forma de “T” y son construidas de concreto reforzado y preesforzado.
- **Viga cajón:** utilizadas por su gran resistencia a la torsión y usualmente no requieren arriostamientos. Los materiales que se utilizan para su construcción son acero y concreto.

**Marco rígido:** todas aquellas estructuras en las cuales las vigas de la superestructura están empotradas en las pilas y/o bastiones de tal manera que los apoyos transmiten esfuerzos de flexión a las columnas (Figura 8).



Figura 8. Ejemplo de una superestructura tipo marco rígido. (MOPT, 2007).

**Superestructuras de cerchas:** compuesto por dos armaduras unidas entre sí mediante el sistema de piso, diafragmas transversales o portales y los sistemas de arriostamiento superior e inferior. Las armaduras a su vez son estructuras rígidas bidimensionales formadas con elementos rectos independientes sometidos a cargas axiales (esfuerzos de tensión y compresión) que están unidos por juntas o nodos.

- **Cercha de paso inferior:** cuando el paso de los vehículos es por debajo de la estructura de cercha (Figura 9).

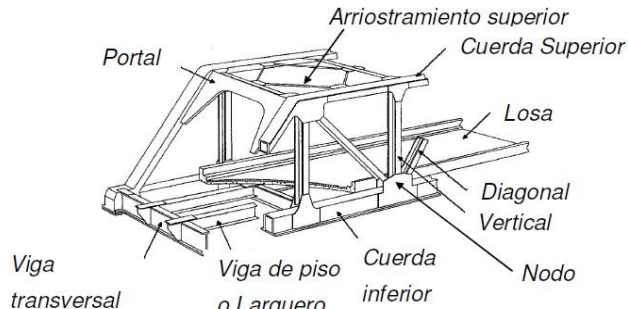


Figura 9. Cercha de paso inferior. (MOPT, 2007).

- **Cercha de paso superior:** cuando el paso vehicular se sitúa por encima de la estructura de cercha.



Figura 10. Ejemplo de una superestructura tipo marco rígido. (ALACERO, s.f).

- **Cerchas de mediana altura:** son cerchas de paso inferior solo que sin el sistema de arriostamiento superior. En Costa Rica los más conocidos son el puente provisional modular lanzable tipo "Bailey" (compuesto por tramos de 3.05m) y el puente permanente tipo "Pony".

**Superestructuras de arco:** estructuras compuestas por vigas o armaduras sometidas a esfuerzos de compresión pura, el modelo más común es el arco simplemente apoyado. Existen también los arcos triarticulados. El concepto de

arco de paso inferior y paso superior es el mismo descrito anteriormente para los tipos cercha.

### Superestructuras suspendidas:

- **Tipo colgante:** es un sistema de piso suspendido mediante péndolas (o cables secundarios verticales), los cuales a su vez están unidos a los cables principales que forman una curva catenaria entre las torres. Para mantener el equilibrio de las fuerzas de tensión de los cables principales, estos se anclan a bloques masivos en ambos extremos del puente (Figura 11).

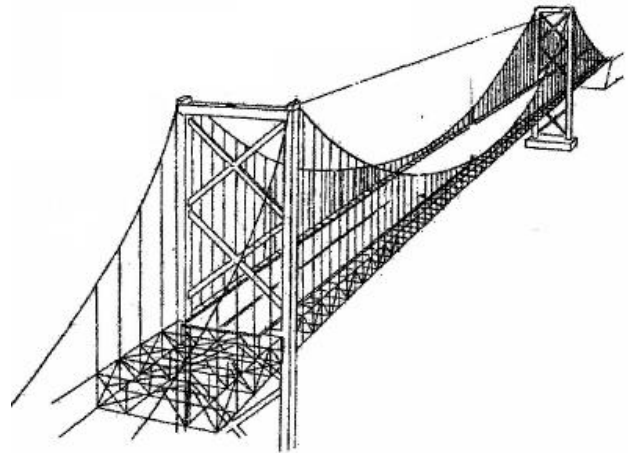


Figura 11. Superestructura suspendida tipo colgante. (MOPT, 2007).

- **Tipo atirantado o pilares:** sistema de piso suspendido de una o varias pilas centrales mediante cables atirantados inclinados que trabajan a tensión. A diferencia de los colgantes no requiere anclajes en los extremos porque este se localiza en las mismas pilas. Otras características son la forma de las pilas (tipo H, Y invertida, de A, de A cerrada por la parte inferior (diamante), entre otras; además, la disposición de los tirantes

puede ser paralela o convergentes (Figura 12).

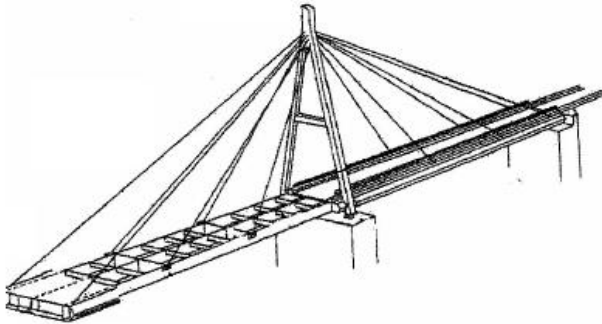


Figura 12. Superestructura suspendida tipo atirantado. (MOPT, 2007).

## Subestructura

Formada por elementos estructurales diseñados para soportar el peso de la superestructura y las cargas que a esta se le aplican. Sus componentes son los siguientes:

- **Apoyos:** sistemas mecánicos que transmiten las cargas verticales de la superestructura a la subestructura. Además, garantizan los grados de libertad del diseño de la estructura como traslación por expansión o contracción térmica o sismo y la rotación causada por la deflexión de la carga muerta y la carga viva. Existen tres tipos principales:

**Expansivo:** permite que la estructura rote y se traslade. Pueden ser de placa de acero, de neopreno, de nódulo o de balancín.

**Fijo:** restringe la traslación y permite únicamente la rotación de la estructura.

**Rígido o empotrado:** restringen todos los movimientos de rotación y traslación.

- **Bastiones:** elementos que sirven de apoyo en los extremos de la

superestructura. Construidos de concreto, acero, madera o mampostería. Dado que los bastiones están en contacto con los rellenos de aproximación del puente, una de sus funciones principales es absorber el empuje del terreno. Sus componentes son los siguientes:

**Aletones:** paredes laterales de concreto cuya función es confinar la tierra o material de relleno detrás del bastión, se diseñan como muros de retención.

**Viga cabezal:** parte superior de un bastión sobre la cual se apoya el extremo de un tramo de la superestructura. La viga cabezal posee pedestales, que son columnas cortas sobre las que se apoyan directamente las vigas principales de la superestructura.

**Cuerpo principal:** componente principal del bastión. Puede ser tipo pared (muro de retención con o sin contrafuertes) o marco rígido (dos o más columnas unidas en su parte superior a la viga cabezal).

**Fundación:** formado por el cimiento o base del cuerpo principal y el suelo o roca soportante. En función del mecanismo de transmisión de las cargas se clasifican en superficiales y profundas.

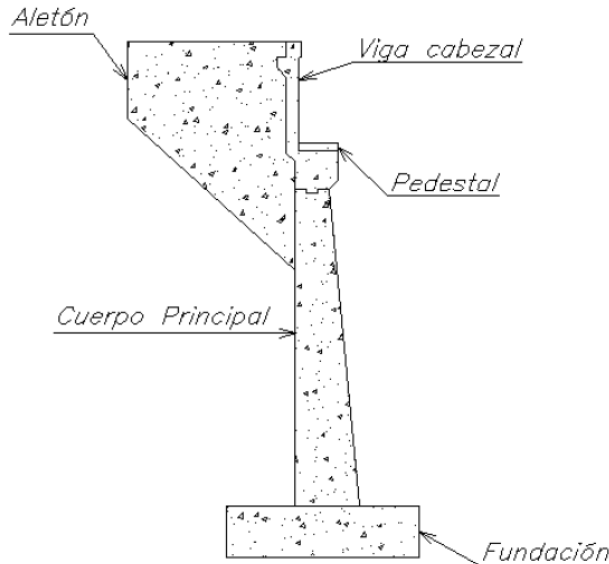


Figura 13. Elementos que componen un bastión. (MOPT, 2007).

Existen dos tipos de fundaciones:

**Las fundaciones superficiales:** son las placas aisladas o corridas que transfieren la carga por contacto al estrato de suelo existente directamente debajo de ellas. Se diseñan para que la presión transmitida (carga/área de la placa) sea igual o inferior a la capacidad admisible de soporte del terreno.

**Las fundaciones profundas:** usualmente son placas apoyadas sobre elementos estructurales que transfieren la carga a los estratos del suelo existente a mayor profundidad que el estrato de suelo en contacto directo con la misma. Constructivamente se dividen en:

**Pilotes:** pueden ser hincados o de acero o de concreto preesforzado o preexcavado colados in situ con diámetros inferiores a 0.45m ( $\varnothing < 45\text{cm}$ ).

**Pozos:** son grandes pilotes preexcavados de concreto

reforzado con diámetros de 0.45m a 2.0m ( $0.45 < \varnothing < 2.0$ ).

**Caisson:** elementos masivos conformados por una o varias celdas de sección transversal circular o rectangular cuya dimensión mínima es de 6m ( $\varnothing > 6\text{m}$ ).

**Cabezal sobre pilotes:** no existe un elemento de columna por lo que se apoya sobre pilotes directamente.

**Tipos de bastiones:** la selección del tipo de bastión va en función de la topografía del sitio, la capacidad admisible del suelo, de la superestructura y las preferencias del diseño. Existen los de tipo:

**Gravedad:** resiste la presión lateral o empuje del terreno con su propio peso por lo que suelen ser elementos muy pesados. La mayoría son construidos en concreto ciclópeo o en mampostería (Figura 14).

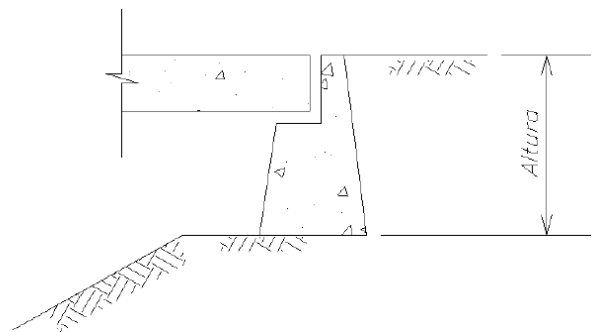


Figura 14. Bastión tipo gravedad. (MOPT, 2007).

**Voladizo:** muro de retención tipo pared que se encuentra unido rígidamente a la fundación, por lo que actúa como una viga en voladizo que transmite la presión lateral del suelo y mantiene su estabilidad a través de su peso propio y el peso del suelo sobre la fundación (Figura 15).

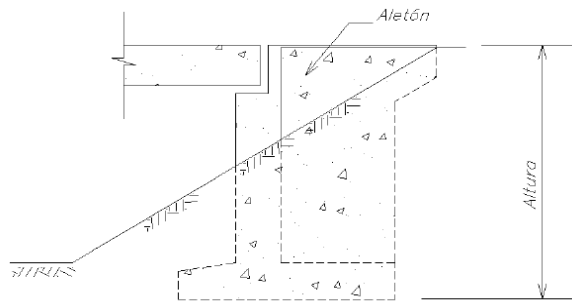


Figura 15. Bastión tipo voladizo. (MOPT, 2007).

**Marco:** consiste en un bastión con dos o más columnas unidas por la viga cabezal tipo rectangular o "T" cuando cuenta con pantalla (Figura 16).

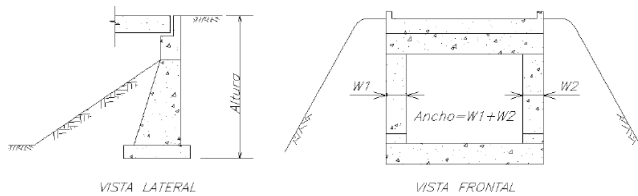


Figura 16. Vista lateral y frontal de un bastión tipo marco. (MOPT, 2007).

**Muro contrafuerte:** es un muro y una fundación unidas mediante losas verticales perpendiculares al plano del muro conocidas como contrafuertes, las cuales se encuentran espaciadas a lo largo de la fundación. El bastión tipo contrafuerte se utiliza cuando se requiere que el muro sea de gran altura (Figura 17).

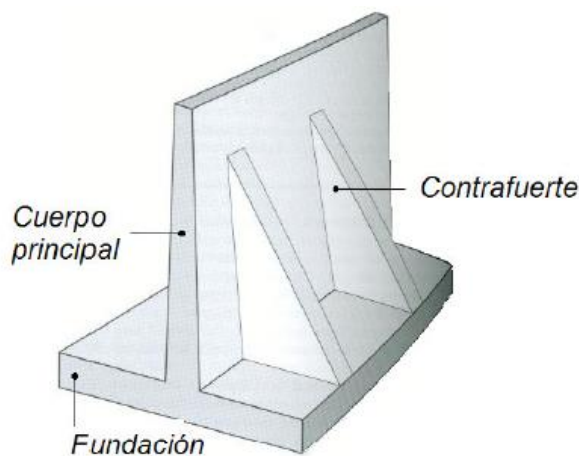


Figura 17. Bastión tipo muro contrafuerte. (MOPT, 2007).

**Cabezal sobre pilotes:** formado por una viga cabezal apoyada en una o más filas de

pilotes. Los pilotes inclinados se utilizan para prevenir el volcamiento. Este tipo de bastión no posee cuerpo principal (Figura 18).

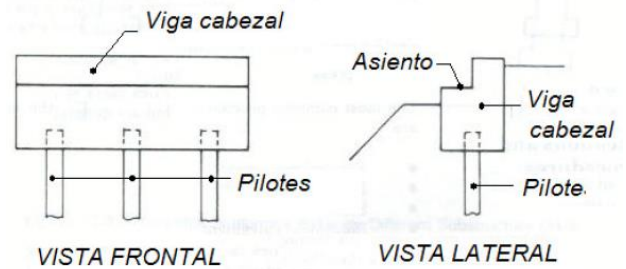


Figura 18. Vista frontal y lateral de bastión tipo cabezal sobre pilotes. (MOPT, 2007).

**Tierra armada:** sistema de estabilización mecánica del suelo compuesto por un muro construido por capas con bloques modulares, generalmente, de concreto sin refuerzo. La geometría de los bloques es tal que permite que sean ensamblados como una pared uniforme. En la parte superior del muro, se colocan mallas de acero en capas sobre el material de relleno que a su vez se compacta. De esta forma, el acero actúa como refuerzo transformando el suelo en material capaz de soportar el peso como las cargas verticales aplicadas (Figura 19).

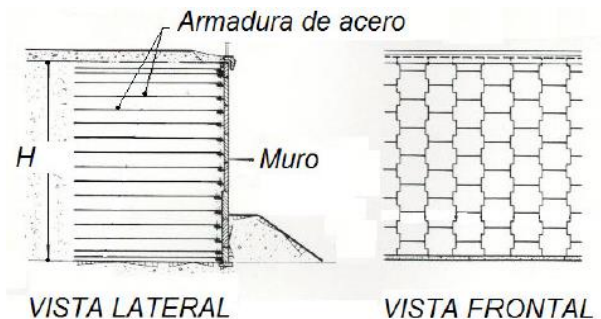


Figura 19. Vista lateral y frontal de un bastión tipo tierra armada. (MOPT, 2007).

- **Pilas:** estructuras que sirven de apoyos intermedios a la superestructura. Por lo general, las pilas son construidas en concreto reforzado, ocasionalmente en concreto preesforzado, acero o madera. Sus componentes son:

**Viga cabezal:** parte superior de la pila sobre los que descansan

los extremos inicial y final, respectivamente, de dos tramos continuos de superestructura. La viga cabezal posee los pedestales sobre los cuales se colocan los apoyos de las vigas principales.

**Cuerpo principal:** estructura sobre la cual se apoya la viga cabezal. Puede ser una única columna, columnas múltiples, una pared o un grupo de pilotes.

**Fundación:** base del cuerpo principal que tiene la función de transmitir las cargas de la subestructura al suelo. La fundación puede ser superficial o profunda, está compuesta por una placa, pilotes o una combinación de ambos. Los tipos de fundación aplican igual que para los bastiones.

**Tipos de pilas:** al igual que los bastiones, se construyen en función de su configuración, forma y tamaño, aunque en gran mayoría dependerá de la superestructura que se posea. Existen de tipo:

**Muro:** pared que se extiende desde la fundación hasta la viga cabezal. En la viga cabezal se encuentran los pedestales sobre los que descansa la superestructura (Figura 20).

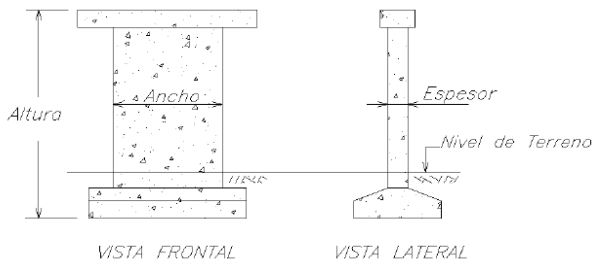


Figura 20. Vista frontal y lateral de una pila tipo muro (MOPT, 2007).

**Marco:** viga cabezal apoyada sobre dos columnas formando un tipo de marco. Las columnas son soportadas por la fundación. La sección transversal de las columnas puede ser circular o rectangular (Figura 21).

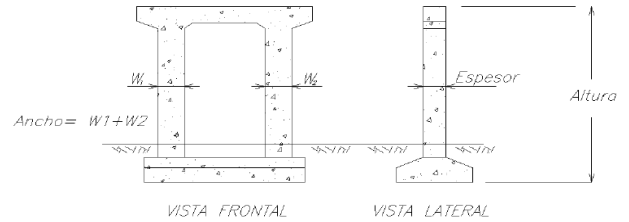


Figura 21. Vista frontal y lateral de una pila tipo marco (MOPT, 2007).

**Columna sencilla:** generalmente, se componen por una viga cabezal en forma de martillo unida a una columna que puede ser de forma rectangular, elíptica, circular, entre otros (Figura 22).

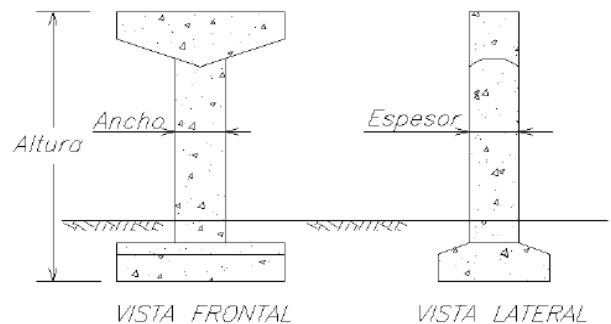


Figura 22. Vista frontal y lateral de una pila tipo columna sencilla (MOPT, 2007).

**Columnas múltiples:** viga cabezal soportada por tres o más columnas que se extienden hasta la fundación (Figura 23).

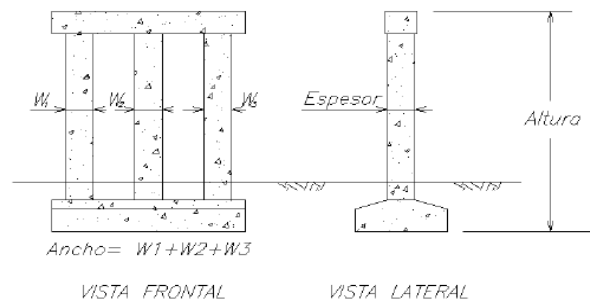


Figura 23. Vista frontal y lateral de una pila tipo columna múltiple (MOPT, 2007).

## Inspección visual de daños e inventario de información de campo

Como bien lo menciona (MOPT, 2007) en su manual, se tiene un orden y procedimiento específico para la obtención de datos a la hora de

ir al campo. Sin embargo, se realizó una actualización al capítulo 5 donde se añadieron datos para estructuras como alcantarillas, tipos de apoyos más nuevos (con neopreno o algún polímero similar, entre otros).

Se establecen cuatro formularios distintos para la recopilación de los datos, los cuales son: formulario de información general, detalle de superestructura, subestructura, fotografías y planos. También, se encuentran apartados para calificar el grado de deterioro o daño de los elementos que componen la estructura.

En el caso de los puentes cantonales, su gran mayoría, son estructuras muy longevas entonces están próximas a cumplir su vida útil de servicio, por lo que no se tienen planos de estos y el formulario de esquema de daños es fundamental para tener una idea más cerca a la realidad de cómo pudo haber sido construido dicho puente según su configuración estructural, por ejemplo.

El inspector de puentes tiene varios deberes por cumplir en las visitas a campo (MOPT, 2007), algunos de ellos son:

- **Planificación de la inspección:** para realizar la inspección de la manera más ordenada y sistemática posible, se deben incluir las siguientes tareas: determinar la secuencia de inspección, establecer un horario, organizar las notas de campo, anticipar el efecto de los procedimientos de control de tráfico y cualquier otra medida que facilite la inspección completa.

- **Organización de la inspección:** previo a la inspección se requiere organizar las herramientas y el equipo adecuado, revisar los archivos y planos (en caso de que existan) del puente. Como mínimo se deben realizar los siguientes pasos:

- *Revisión de archivos de la estructura del puente si se encuentra disponible.*
- *Identificación de los componentes y elementos del puente.*
- *Identificación de la condición del sitio.*

- *Identificación de condiciones especiales.*
- *Disposición del equipo y herramientas requeridas.*
- *Desarrollo de la secuencia de inspección.*

Por lo general, la inspección inicia con los accesorios, luego se procede a revisar los elementos de la superestructura y por último la subestructura. Sin embargo, la secuencia de inspección va a depender de factores como:

- *Tipo de puente.*
- *Condición de los componentes del puente.*
- *Condición general.*
- *Requerimientos específicos de la agencia de inspección.*
- *Tamaño y complejidad del puente.*
- *Condiciones del tráfico.*
- *Procedimientos especiales.*

Un ejemplo de la secuencia correcta de inspección es el que se muestra en el cuadro 1 a continuación:

<b>CUADRO N°1. SECUENCIA DE INSPECCIÓN</b>	
<b>Componentes del puente</b>	<b>Elementos por inspeccionar</b>
Accesorios	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Losa de aproximación.</li> <li>- Características de seguridad del tráfico.</li> <li>- Superficie de rodamiento o pavimento.</li> <li>- Aceras y barandas.</li> <li>- Drenajes.</li> <li>- Señalización.</li> <li>- Electricidad y/o iluminación.</li> <li>- Barreras y otros dispositivos para el control del tráfico.</li> </ul>
Superestructura	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Losa.</li> <li>- Elementos principales.</li> <li>- Elementos secundarios.</li> <li>- Servicios públicos</li> </ul>

	instalados (teléfono, acueducto, fibra óptica, etc.).
Subestructura	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Apoyos.</li> <li>- Bastiones.</li> <li>- Pilas.</li> </ul>
Río	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Perfil del río y alineamiento.</li> <li>- Lecho del río.</li> <li>- Diques.</li> <li>- Condición de los márgenes.</li> <li>- Apertura hidráulica.</li> <li>- Nivel máximo y normal.</li> <li>- Signos de socavación.</li> </ul>

- **Preparación de notas, fórmulas y bocetos:** preparar notas, fórmulas y bocetos previos a la inspección en el sitio, ayuda a que el trabajo de campo se lleve a cabo de forma eficiente, facilitando la recolección de datos. Tanto la hoja de inventario estándar como la inspección rutinaria de este manual (MOPT, 2007) deben de ser utilizadas para la recopilación de las características del puente y la calificación del grado de deterioro de los elementos, respectivamente.

- **Describir las condiciones especiales:**

*Control del tráfico:* se requiere que el inspector utilice los estándares de seguridad y dispositivos de control como conos, señales y tableros electrónicos, entre otros, que ayuden a prevenir situaciones que puedan poner en riesgo a los trabajadores y los usuarios de la carretera. El inspector deberá verificar que se cumpla con todas las normas de seguridad aplicables según corresponda.

*Horario de la inspección:* el tiempo requerido para la inspección incluye el tiempo de preparación en la oficina, el tiempo del viaje al sitio y el tiempo necesario para la elaboración del informe. La condición general del área de trabajo juega un papel importante en la determinación del horario de inspección, ya que se debe tomar en cuenta el método de acceso al puente y a cada uno de sus elementos, por lo que el inspector deberá recolectar de previo la información respectiva.

- **Organizar las herramientas y el equipo:** para llevar a cabo una inspección precisa y eficiente, se debe utilizar las herramientas adecuadas. Las herramientas estándares que un inspector debe preparar para la inspección de puentes pueden agruparse en seis categorías básicas, que se muestran en el apéndice 8.

- **Determinar el método de acceso requerido:** dentro del equipo de acceso a los elementos del puente se encuentran las escaleras, plataformas de andamiaje, botes y brazos mecánicos que consisten en una grúa unida a una plataforma que se introduce en el puente, entre otros. En la mayoría de los casos, el utilizar un brazo mecánico superior o inferior implicaría menos tiempo de inspección que el utilizar una escalera o plataformas tipo andamio para inspeccionar la estructura. Sin embargo, los brazos mecánicos están asociados con altos costos por la operación y mantenimiento de los vehículos. Este tipo de sistema se utiliza para acceder a cubiertas donde el ingreso a través de otros medios no es factible o donde los procedimientos de inspección detallada son requeridos.

- **Ejecutar la inspección:** los deberes asociados con la inspección incluyen la descripción apropiada de la estructura de tal forma que la inspección se realice mediante un sistema de numeración de miembros. Este sistema deberá coincidir con la numeración que posean los elementos en planos, lo que permite de manera ordenada, desarrollar la secuencia de inspección y seguir los procedimientos de apropiados.

- **Preparar informes:** la documentación es esencial para el sistema de administración de puentes. El inspector debe reunir suficiente información para asegurar un informe completo y detallado según los formatos descritos en este manual. Los detalles de los documentos que el inspector debe preparar se describen en los capítulos 4 (formularios requeridos), 5 (recopilación de datos) y 6 (daños o deterioro en el puente), dependiendo del tipo de inspección.

También, es importante tomar en cuenta las medidas de seguridad para una inspección donde

se eviten a toda costa los accidentes (MOPT, 2007):

- **Causa de un accidente:** la mayoría de los accidentes en el trabajo de campo son los errores humanos y la falla del equipo. Los errores humanos pueden ser reducidos al reconocer que todos cometemos errores, por lo que se realiza una planificación adelantada para minimizar sus efectos. La falla del equipo se puede disminuir verificando su buen funcionamiento, dando mantenimiento y actualizando el equipo. Algunas causas específicas de accidentes son:

- *Actitud inapropiada – distracción, descuido y preocupación acerca de asuntos personales.*
- *Limitaciones personales – falta de conocimiento o habilidades, capacidades físicas excedentes.*
- *Impedimentos físicos – lesiones previas, enfermedad, efectos secundarios de medicamentos, alcohol o drogas.*
- *Aburrimiento o distracción – caer en un estado donde no se está atento mientras se realizan trabajos rutinarios repetitivos.*
- *Desconsideración – falta de conocimiento de seguridad y no se reconocen los peligros.*
- *Atajos – se sacrifica la seguridad por ganar tiempo.*
- *Equipo defectuoso – peldaños de escaleras dañadas, cuerdas gastadas o cables deshilachados, entre otros.*
- *Prendas inapropiadas o muy sueltas.*

Los daños o deterioros más comunes en puentes varían según el elemento que se esté inspeccionando (MOPT, 2007):

## - **Pavimento:**

El pavimento en la losa del puente funciona como una superficie de rodamiento y además tiene la finalidad de proveer protección adicional a la losa contra el clima y el tráfico.

Si bien es cierto, este componente no es miembro estructural el mismo genera carga muerta a la estructura, por lo tanto, el espesor del pavimento debe ser el mínimo posible. Por esta razón, las sobrecapas de pavimento en la losa técnicamente están prohibidas.

Dentro de este elemento se tienen 5 tipos de daños los cuales son: ondulaciones, surcos, agrietamientos, baches y sobrecapas de asfalto. A continuación, se describe cada uno.

- **Ondulaciones:** son deformaciones transversales en el pavimento las cuales son causadas por el paso continuo de los vehículos en el puente (Figura 24).



Figura 24. Ondulación en el pavimento (MOPT, 2007).

- **Surcos:** se producen por el paso continuo de los vehículos en el puente, son similares a las ondulaciones solo que se extienden de manera longitudinal en el pavimento (Figura 25).



Figura 25. Surcos en el pavimento (Hernán, 2013).

- **Grietas:** son fisuras o cavidades que se producen generalmente por las vibraciones y cambios de temperatura (Figura 26).



Figura 26. Grietas en el pavimento (MOPT, 2007).

- **Baches:** son defectos en la nivelación de la vía; depresiones u hoyos en la superficie de rodamiento (Figura 27).



Figura 27. Baches en el pavimento (MOPT, 2007).

- **Sobrecapas de pavimento en la losa:** son capas adicionales sobre la superficie de pavimento principal (Figura 28).



Figura 28. Sobrecapa en el pavimento (MOPT, 2007).

- **Barandas:**

Son constituidas por dos tipos: de acero o de concreto. En algunos casos se utiliza otro material como la madera, sin embargo, se anota en comentarios y no se procede a evaluarse el elemento.

Las barandas de acero poseen daños como: deformación, oxidación, corrosión y la ausencia del elemento (faltante). A continuación, se describe cada uno:

- **Deformaciones:** son cambios de tamaño o forma en el cuerpo debido a la aplicación de una o más fuerzas sobre el mismo

o bien, la ocurrencia de la dilatación térmica (Figura 29).



Figura 29. Deformación en barandas de acero (MOPT, 2007).

- **Oxidación:** se da cuando ocurre la reacción química que produce el agua al entrar en contacto con el acero, ya sea dulce o salada, o por la humedad del medio ambiente, lo que produce daños en el refuerzo del elemento (Figura 30).



Figura 30. Oxidación en baranda de acero (MOPT, 2007).

- **Corrosión:** es la alteración causada por el ambiente en el elemento, empieza como oxidación y si no se le da algún tratamiento o se le brinda alguna protección al elemento se llega a dar la corrosión lo que produce una reducción de la sección de la pieza de acero (Figura 31).



Figura 31. Corrosión en baranda de acero (MOPT, 2007).

- **Faltante o ausencia (aplica para baranda tanto de acero como de concreto):** se refiere a la pérdida parcial o total de algún elemento (Figura 32).



Figura 32. Faltante de una porción de la baranda de acero (MOPT, 2007).

Ahora bien, las barandas de concreto constituyen tres daños: agrietamiento, acero de refuerzo expuesto y faltante o ausencia de esta. A continuación, se describe cada uno:

- **Agrietamiento:** son aberturas que surgen en alguna superficie (Figura 33).



Figura 33. Agrietamiento de 1cm en baranda de concreto (Autoría propia, 2021).

- **Acero de refuerzo expuesto:** se refiere a la exposición de acero de refuerzo que debe estar embebido en el concreto (Figura 34).



Figura 34. Acero de refuerzo expuesto en baranda de concreto (Autoría propia, 2021).

- **Faltante o ausencia:** aplica igual que para barandas de acero.

- **Juntas de expansión:**

Son elementos que deben ser capaces de resistir los cambios climáticos para llevar a cabo su función y no comprometer la calidad del viaje de los vehículos que transitan sobre el puente.

Dentro de los tipos de deterioros que pueden presentar estos elementos están: sonidos

extraños, filtración del agua, ausencia (faltante) o deformación, desplazamientos verticales y acero de refuerzo expuesto. Otro daño muy común en el país es la obstrucción parcial o total de las juntas por asfalto o algún otro material.

A continuación, se describe cada uno:

- **Sonidos extraños:** se debe detectar cuidadosamente los sonidos en las juntas de expansión cuando los vehículos pasan por ellas, esto porque dichos sonidos provienen de zonas donde se presentan algunos daños.

- **Filtración del agua:** las filtraciones de agua por medio de las juntas contribuyen al deterioro de los elementos de concreto. Por lo general es inspeccionada en el asiento de los apoyos del puente y en el muro de las subestructuras (Figura 35).



Figura 35. Filtración de agua por medio de la junta de expansión (MOPT, 2007).

- **Faltante o deformación:** se debe prestar atención cuando la junta de expansión presenta alguna alteración en su forma o alguna parte o su totalidad se ha perdido (Figura 36).



Figura 36. Faltante de parte de la junta de expansión (MOPT, 2007).

- **Movimiento vertical:** se refiere al caso en el que las juntas de expansión presentan desplazamiento vertical (Figura 37).



Figura 37. Movimiento vertical de la junta de expansión (MOPT, 2007).

- **Obstrucción de juntas:** muy común en nuestro país, es el verlas cubiertas con capas de asfalto. Esto no permite el correcto funcionamiento de esta. Se puede evidenciar

fácilmente por la presencia de grietas transversales en el pavimento que cubre la junta (Figura 38).



Figura 38. Sobrecapa de asfalto en la junta de expansión (MOPT, 2007).

- **Acero de refuerzo expuesto:** aplica de la misma manera que con las barandas de concreto.

- **Losas:**

Elementos sujetos a gran variedad de daños causados por el tráfico, la exposición a la intemperie, contaminación ambiental, entre otros. Sumado a las deficiencias de diseño y construcción; como recubrimiento insuficiente, remoción de formaletas antes del tiempo requerido, mezcla de un concreto pobre o una vibración inapropiada.

Los daños más comunes son: grietas en una y dos direcciones, descascaramiento, acero de refuerzo expuesto, nidos de piedra, eflorescencia y agujeros. A continuación, se describe cada uno:

- **Grietas en una dirección:** son fisuras lineales en el concreto causadas en muchos

casos por los esfuerzos debido a la carga viva y muerta. Es importante inspeccionar el ancho y el espaciamiento que estas posean (Figura 39).



Figura 39. Grieta en una dirección en losa de concreto (MOPT, 2007).

- **Grietas en dos direcciones:** la causa principal de estas grietas es la fatiga causada por la repetición de la carga viva. La extensión y patrón de la malla debe inspeccionarse con detalle (Figura 40).



Figura 40. Grietas en dos direcciones en losa de concreto (MOPT, 2007).

- **Descascaramiento:** es la delaminación local o desprendimiento de una superficie terminada de concreto endurecido como resultado de cambios de temperatura, pobre procedimiento constructivo o algún daño en el acero de refuerzo.

- **Acero de refuerzo expuesto:** aplica igual que en las barandas de concreto (Figura 41).



Figura 41. Acero de refuerzo expuesto en losa de concreto, Puente Bonillita (Autoría propia, 2021).

- **Nidos de piedra:** son causados por la vibración inapropiada durante el proceso de colado del concreto lo que produce segregación de los agregados gruesos, agregados finos y de la pasta de cemento (Figura 42).



Figura 42. Nidos de piedra en losa de concreto (MOPT, 2007).

- **Eflorescencia:** son manchas blancas que se forman en el concreto por causa del cloruro de calcio que es traído a la superficie del concreto por el agua. Esto indica que las grietas son profundas y han penetrado a través del concreto (Figura 43).



Figura 43. Eflorescencia en losa de concreto (MOPT, 2007).

- **Agujeros:** cuando se observan agujeros, escamas o reventaduras en el concreto es una clara evidencia de la deterioración de la losa (Figura 44).



Figura 44. Eflorescencia en losa de concreto (MOPT, 2007).

- **Vigas principales:**

Pueden ser tanto de acero como de concreto. Las vigas de acero presentan daños como oxidación, corrosión, deformación, pérdida de pernos y grietas en la soldadura o placas. Las de concreto pueden ser vigas preesforzadas o vigas de concreto reforzado. Sus daños más comunes son similares a las losas de concreto. A continuación, se describe cada uno:

#### Vigas de acero:

- **Oxidación:** es el mismo daño causado en los elementos de barandas de acero.
- **Corrosión:** aplica de igual manera como para las barandas de acero.

- **Deformación:** la principal causa de deformación en las vigas de acero son las sobrecargas, la colisión de vehículos y el hundimiento de subestructuras.

- **Pérdida de pernos:** los miembros de los puentes de acero están conectados por soldadura, pernos y remaches. La fatiga puede causar pérdida de pernos o remaches (Figura 45).



Figura 45. Pérdida de perno en viga de acero (MOPT, 2007).

- **Grieta en soldadura o placa:** si la estructura ha sido pintada, el agrietamiento en la pintura acompañado por las manchas de óxido indica la posible existencia de una grieta de fatiga. Se necesita investigar las áreas alrededor del final de la cubreplaca soldada en el ala a tensión. El área donde se sospecha que existe la grieta debe estar limpia para determinar la presencia de esta y su extensión (Figura 46).



Figura 46. Grieta cerca del apoyo en viga principal de acero (MOPT, 2007).

### Vigas de concreto:

Pueden ser tanto vigas de concreto preesforzado como de concreto reforzado. Los daños son similares a los de la losa de concreto, así como la evaluación de sus deterioros o daños.

- **Grietas en una dirección:** las grietas son perpendiculares al refuerzo longitudinal y comienzan en la zona de máxima tensión. En la mitad del tramo de las vigas, las grietas de flexión se pueden encontrar algunas veces en la parte inferior de los miembros. Las grietas debido al esfuerzo cortante son grietas diagonales que usualmente ocurren en el alma de la viga. Este tipo de grietas estructurales son únicamente en una dirección (Figura 47).



Figura 47. Grietas en una dirección en viga de concreto (MOPT, 2007).

- **Grietas en dos direcciones:** casi no se observan en dos direcciones en las vigas de concreto. Cuando se observan, se deberá investigar la reacción de dióxido de silicio alcalino de los agregados (Figura 48).



Figura 48. Grietas en dos direcciones en viga de concreto (MOPT, 2007).

- **Acero de refuerzo expuesto:** similar a los elementos de losa de concreto (Figura 49).

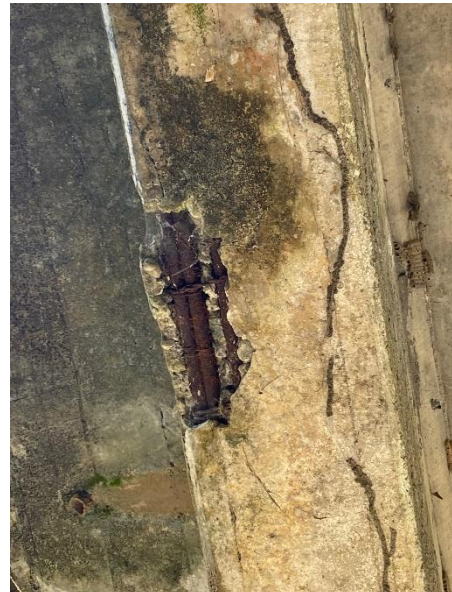


Figura 49. Acero de refuerzo expuesto en viga de concreto (Autoría propia, 2021).

- **Nidos de piedra y cavidades:** similar a los elementos de losa de concreto (Figura 50).



Figura 50. Cavidad en viga de concreto (MOPT, 2007).

- **Eflorescencia:** similar a los elementos de losa de concreto (Figura 51).



Figura 51. Eflorescencia en vigas de concreto (MOPT, 2007).

- **Sistema de arriostramiento:**

Incluye el sistema de piso y el arriostramiento lateral y superior de una estructura tipo cercha. En el área de conexión del arriostramiento es necesario verificar la presencia de grietas en la soldadura o la pérdida de pernos y/o remaches. También es importante revisar la torsión de los miembros de arriostramiento. Los daños más comunes a los que se les debe prestar atención son: oxidación, corrosión, deformación, rotura de uniones y rotura de elemento. A continuación, se describe cada uno:

- **Oxidación:** comienza usualmente en pocos lugares y luego se va extendiendo. La capa de pintura generalmente es más delgada en

bordes filosos y en las esquinas. La oxidación empieza en estos bordes y esquinas y se va extendiendo a través del elemento (Figura 52).



Figura 52. Oxidación en borde filoso de elemento de acero (MOPT, 2007).

- **Corrosión:** similar a los elementos de vigas principales de acero (Figura 53).



Figura 53. Corrosión en elemento de acero (MOPT, 2007).

- **Deformación:** en Costa Rica muchos de los elementos de la cercha superior están dañados debido al paso de camiones de altura superior al claro vertical del elemento inferior de la cercha. En caso de que el claro vertical no sea suficiente, este elemento inferior debe ser sustituido.

- **Rotura de conexiones:** se refiere a roturas que se dan en las conexiones de los elementos de arrioste.

- **Rotura de elementos:** se refiere a roturas en alguno de los elementos de acero que compongan la cercha (Figura 54).



Figura 54. Rotura de elemento de acero en cercha (MOPT, 2007).

- **Pintura:**

La pintura es de los medios principales utilizados para la protección de la estructura de acero contra la oxidación y corrosión. Entre sus daños están: decoloraciones, ampollas y descascaramientos. A continuación, se describe cada uno de ellos:

- **Decoloración:** se refiere a la pérdida del color que se le haya aplicado al elemento de acero (Figura 55).



Figura 55. Decoloración de la viga principal de acero (MOPT, 2007).

- **Ampollas:** son producto del levantamiento de la pintura debido a la corrosión que presenta el elemento de acero. Ocurre comúnmente en las rayaduras que presenta la

pintura. La corrosión atraviesa la pintura intacta, causando que se amolle.

- **Descascaramiento:** se refiere al descascaramiento que sufren los elementos de acero (Figura 56).



Figura 56. Descascaramiento de pintura en elemento de cercha (MOPT, 2007).

- **Vigas diafragma o vigas secundarias:**

Son las vigas que dan soporte y rigidez a las vigas principales en la superestructura cuando estas lo requieren. Pueden ser tanto de concreto como de acero.

Los daños en los diafragmas de concreto son similares a los daños de las vigas principales de concreto, asimismo ocurre con los diafragmas de acero, sus daños son similares a las vigas principales de acero.

- **Apoyos del puente:**

Para su inspección, primero se debe determinar qué tipo de apoyo fue previsto en el diseño (fijo, expansivo o rígido). El inspector debe consultar con los planos los tipos de apoyo utilizados en el puente. En el país, la causa principal de daños en los apoyos es el movimiento de tierra por un sismo. Los daños asociados a los apoyos del puente son: rotura de pernos, deformaciones, inclinaciones y desplazamientos. A continuación, se describe cada uno:

- **Rotura de pernos:** el perno de anclaje en una pieza de metal comúnmente enroscada y

ubicada con una tuerca y una arandela en un extremo. Se utiliza para asegurar en posición fija el apoyo del puente sobre la estructura (Figura 57 y 58).



Figura 57. Deformación de perno en apoyo (MOPT, 2007).



Figura 58. Pernos de anclaje cortados (MOPT, 2007).

- **Deformación:** se refiere a las deformaciones que sufren los apoyos (Figura 59).



Figura 59. Deformación en el apoyo (MOPT, 2007).

- **Inclinación:** se refiere a la inclinación que sufren los apoyos (Figura 60).



Figura 60. Inclinación en el apoyo (MOPT, 2007).

- **Desplazamiento:** se refiere al movimiento que sufren los apoyos con respecto a su sitio original (Figura 61).



Figura 61. Movimiento del apoyo (MOPT, 2007).

- **Viga cabezal y aletones:**

Los daños más comunes en la viga cabezal y los aletones son: grietas en una dirección, grietas en dos direcciones, descascaramiento, acero de refuerzo expuesto, nidos de piedra, eflorescencia y protección del talud. A continuación, se describe cada uno:

- **Grietas en una dirección:** son similares a los elementos de concreto mencionados anteriormente.
- **Grietas en dos direcciones:** son similares a los elementos de concreto mencionados anteriormente.
- **Descascaramiento:** son similares a los elementos de concreto mencionados anteriormente.
- **Acero de refuerzo expuesto:** son similares a los elementos de concreto mencionados anteriormente.
- **Nidos de piedra:** son similares a los elementos de concreto mencionados anteriormente.
- **Eflorescencia:** son similares a los elementos de concreto mencionados anteriormente.
- **Protección del talud:** en el país el problema principal de estos no es deficiencia estructural, sino, el colapso del relleno de aproximación cerca de los aletones (Figura 62).



Figura 62. Relleno de aproximación del aletón colapsado (MOPT, 2007).

- **Bastiones:**

Los problemas más comunes observados en los bastiones durante la inspección son la falla del material de construcción, el desplazamiento y la socavación. El material de construcción principal para el bastión es el concreto y los tipos de fallas de concreto son similares a las de las vigas de concreto. A continuación, se describe cada uno de estos:

- **Grietas en una dirección:** son similares a los elementos de concreto mencionados anteriormente.
- **Grietas en dos direcciones:** son similares a los elementos de concreto mencionados anteriormente.
- **Descascaramiento:** son similares a los elementos de concreto mencionados anteriormente.
- **Acero de refuerzo expuesto:** son similares a los elementos de concreto mencionados anteriormente.
- **Nidos de piedra:** son similares a los elementos de concreto mencionados anteriormente.
- **Eflorescencia:** son similares a los elementos de concreto mencionados anteriormente.

- **Pérdida del talud de protección en frente del bastión:** el colapso del talud en frente del bastión tipo marco se observa frecuentemente en el país y es la causa principal del deterioro de la vía de aproximación y del bastión (Figura 63).



Figura 63. Colapso de la protección enfrente del bastión (MOPT, 2007).

- **Inclinación:** incluye el movimiento vertical, lateral o rotacional de la estructura. Las causas principales de la inclinación del bastión son la falla del talud, la filtración del agua y los sismos (Figura 64).



Figura 64. Inclinación del bastión por sismo (MOPT, 2007).

- **Socavación en la fundación:** la socavación es la erosión del material causado por el agua en movimiento. Esto puede causar desgaste en el material de relleno en el bastión por la filtración de agua. En el caso de los bastiones tipo marco, si la protección del talud en frente del bastión colapsara por socavación, el grado de daño debe ser cinco (Figura 65).



Figura 65. Colapso total de la protección del talud frente al bastión (MOPT, 2007).

- **Pilas:**

Están compuestas por el martillo y el cuerpo principal.

**Martillo de la pila:** los problemas más comunes observados durante la inspección para el martillo de una pila son la falla en los materiales de construcción. La evaluación del grado de daño es igual a la mencionada para la viga de concreto. A continuación, se describe cada uno de sus daños:

- **Grietas en una dirección:** son similares a los elementos de concreto mencionados anteriormente.

- **Grietas en dos direcciones:** son similares a los elementos de concreto mencionados anteriormente.

- **Descascaramiento:** son similares a los elementos de concreto mencionados anteriormente.

- **Acero de refuerzo expuesto:** son similares a los elementos de concreto mencionados anteriormente.

- **Nidos de piedra:** son similares a los elementos de concreto mencionados anteriormente.

- **Eflorescencia:** son similares a los elementos de concreto mencionados anteriormente.

**Cuerpo principal:** los problemas más comunes observados durante la inspección del cuerpo principal de la pila son el deterioro en el material de construcción, la inclinación y la socavación. El material principal para la construcción de la pila es el concreto, y los tipos de deterioro son similares a los citados para la viga de concreto. A continuación, se describe cada uno de estos:

- **Grietas en una dirección:** son similares a los elementos de concreto mencionados anteriormente.

- **Grietas en dos direcciones:** son similares a los elementos de concreto mencionados anteriormente.

- **Descascaramiento:** son similares a los elementos de concreto mencionados anteriormente.

- **Acero de refuerzo expuesto:** son similares a los elementos de concreto mencionados anteriormente.

- **Nidos de piedra:** son similares a los elementos de concreto mencionados anteriormente.

- **Eflorescencia:** son similares a los elementos de concreto mencionados anteriormente.

- **Inclinación:** las causas principales de la inclinación son la falla en el apoyo del suelo, la consolidación del suelo, socavación y deterioro del material de la fundación. El movimiento rotacional y lateral de las pilas puede ser causado por el hundimiento asimétrico del suelo debido a las fuerzas excesivas transversales o longitudinales, tales como las fuerzas sísmicas. Se debe prestar atención en inspecciones posteriores a sismos, ya que puede que el daño de la pila no se note a simple vista. La inspección para la inclinación de la pila debe incluir la verificación de la alineación de la baranda del puente.

- **Socavación en la fundación:** las fundaciones por lo general se encuentran totalmente enterradas y, por lo tanto, no pueden ser inspeccionadas visualmente. Sin embargo, las fundaciones que están expuestas debido a la

erosión del suelo u otros factores deben ser inspeccionadas (Figura 66).



Figura 66. Socavación en la fundación de una pila (MOPT, 2007).

## Indicadores de desempeño a utilizar

Una vez se tenga toda la evaluación por parte con respecto al manual de inspección de puentes del MOPT, se deben priorizar estas estructuras para así saber cuáles representan un mayor peligro por su debilitado estado, y cuales aún pueden seguir funcionando con más normalidad.

Las metodologías de priorización existentes son variadas, pero una de ellas es la de los indicadores de desempeño. Propuesta en 2020 para intervenir las estructuras encontradas en el cantón de El Guarco, esto por la Municipalidad de dicho lugar.

Los indicadores de desempeño son instrumentos que proporcionan información cuantitativa sobre el desenvolvimiento y logros de una institución, programa, actividad o proyecto a favor de la población u objeto de su intervención, en el marco de sus objetivos estratégicos y su misión (Ministerio de Economía y Finanzas, 2010).

En este sentido, (Camejo, 2012) recomienda el uso de indicadores, ya que si no se tiene una medición sobre el estado de los puentes actual (en este caso), no se puede controlar su correcto funcionamiento, por ende, no se puede dirigir qué posibles intervenciones o soluciones requiere la obra para que funcione adecuadamente, y si no

se puede dirigir, nunca va a mejorar o repararse sus daños (si lo requiere).

En la metodología a utilizar, se establecieron 4 indicadores, sin embargo, por limitaciones en el tiempo y necesidades de la Municipalidad de Turrialba solo se van a emplear 2 de ellos:

**Indicador de desempeño estructural (BCI):** este indicador muestra la condición general del puente considerando los daños principales en sus elementos (accesorios, superestructura y subestructura). La ponderación para el cálculo de este indicador es de: 5% para los accesorios, 45% para la superestructura y 50% para la subestructura (Ortíz et al, 2020).

**Indicador de importancia socioeconómica (SoEc):** muestra la importancia socioeconómica de un puente considerando el índice de viabilidad técnico social (IVTC) y la importancia de la ruta (Ortíz et al, 2020).

Con respecto a la importancia de la ruta, se estableció su calificación numerica de acuerdo a la definición de ejes estratégicos (la misma metodología utilizada por la Municipalidad del Guarco). En ella se analiza que los caminos sean ejes conectores, es decir, que conecten dos rutas nacionales o que sean el único acceso a una comunidad; si posee proyectos turísticos, agrícolas e infraestructura: proyectos de bien social.

Las rutas se clasifican en tres posibles categorías (Figura 67):

**Categoría A:** cuando los caminos son ejes conectores, poseen proyectos turísticos, agrícolas y de infraestructura.

**Categoría B:** representa que son ejes conectores y que existen proyectos turísticos y agrícolas en la zona. A su vez, se subdivide en B1 y B2. La B1 posee solo proyectos turísticos y la B2 solo posee proyectos agrícolas.

**Categoría C:** cuando no son ejes conectores.

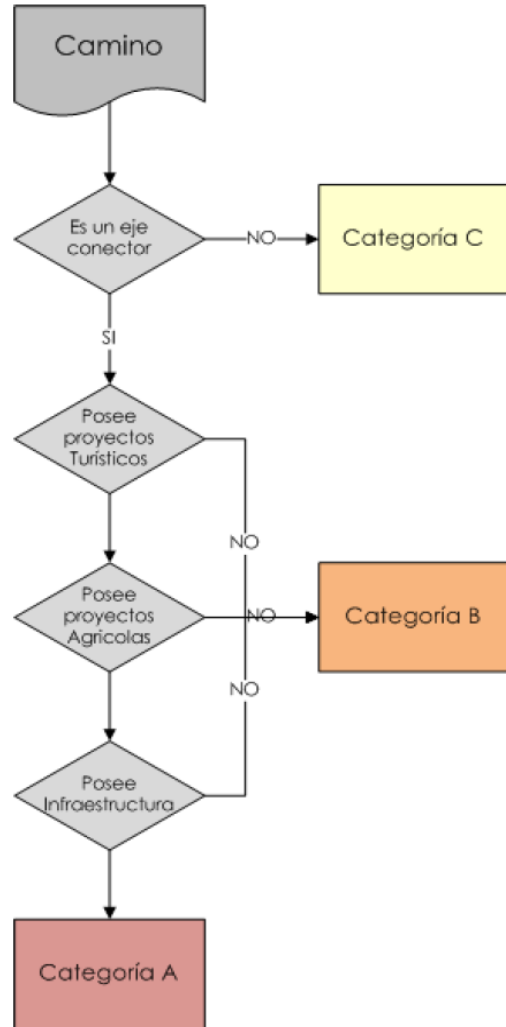


Figura 67. Metodología de categorización de las rutas (Municipalidad de El Guarco, 2021).

Los datos requeridos para poder clasificar las rutas se obtuvieron del Plan Vial Quinquenal de la Municipalidad de Turrialba (2019 – 2023). Donde indica los distritos que poseen atractivos turísticos y agrícolas según corresponda, además de la conectividad de los ejes.

# Metodología

Este trabajo se realizó de acuerdo con las estipulaciones del “Manual de Inspección de Puentes” (MOPT, 2007). También, acorde a dos indicadores propuestos en la metodología de Priorización de Puentes usando Indicadores (Ortiz-Quesada, Garita-Rodríguez, Navarro-Mora, & Paez, 2020), los cuales son el indicador estructural y el socioeconómico. Su evaluación va en función de la amenaza que presente la estructura, con un rango de 1 a 5, siendo 1 la condición más favorable y 5 la menos favorable.

## Información de campo e inspecciones visuales

Con el fin de obtener un mayor orden en la recopilación de información, se generaron formularios para: la toma de datos numéricos (dimensionamiento de elementos), esquemas de daños de los elementos, fotografías de estos, entre otros. Esto para tener más clara y concisa la información a la hora de añadirla en la base de datos digital.

Todos estos instrumentos contienen la información solicitada en el manual de inspección de puentes del MOPT y su actualización del capítulo 5, la cual se detalla a continuación.

## Información general

A continuación, se resumen los datos a recopilar para la información general de cada puente:

<b>CUADRO N°2. DATOS DE INFORMACIÓN GENERAL A RECOPIAR PARA CADA PUENTE</b>	
<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>
Tipo de ruta	Puede ser nacional o cantonal. En este caso solo

	serán rutas cantonales.
Nombre del puente	Nombre de la estructura a inspeccionar, por lo general ya viene especificado.
Ruta	Ruta donde se ubica el puente, rige según ley 5060.
Kilometro	Kilometro donde inicia el puente. Dato tomando en el centro de la estructura.
Localización	Define la ubicación del puente según provincia, cantón y distrito.
Código del puente	Definido por la planificación sectorial del MOPT.
Latitud y longitud	Localización del puente según sus coordenadas. Este dato se toma en la junta #1 de la estructura.
Fecha de diseño	Obtenida de los planos del puente. En caso de no existir, consultar al encargado de la dirección de puentes.
Fecha de construcción	Obtenida de la placa ubicada en cada puente. Si se incluye un periodo de tiempo, se coloca el año menor. En caso de no existir, consultar al encargado de la dirección de puentes.

Fuente: Adaptado de (MOPT, 2007).

## Inventario básico del puente

A continuación, se resumen los datos para el inventario básico de cada puente:

<b>CUADRO N°3. INVENTARIO BÁSICO DEL PUENTE</b>	
<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>
<b>Información básica</b>	
Dirección de la vía	Lugar al cual se dirige el puente utilizando como referencia el kilómetro de inicio de este.
Tipo de estructura	Puede ser un puente, paso superior, paso inferior, vado, alcantarilla u otro.
	Puede ser H20-44, H15-44,

Carga viva de diseño	H10-44, HS25-44, HS20+25, HS20-44, HS15-44 o HL-93. Cuando no se conoce el dato se debe registrar: No existe información.
Longitud total	Es la suma de la longitud de cada tramo del puente. Para el caso de las alcantarillas se mide como la máxima distancia entre las paredes exteriores.
Especificación	Especificación de diseño de la estructura, el dato se debe encontrar en planos o con algún documento oficial de gobierno, de no ser así, registrar: "No se tiene información". Algunas comunes son: AASHTO 1941 3Ed, AASHTO 1944 4 Ed, LRFD 2004 3 Ed, entre otros.
# de superestructuras	Si se llama a "n" la cantidad de juntas de expansión en un puente, n-1 sería la cantidad de superestructuras.
# de subestructuras	Cantidad de bastiones y pilas presentes en un puente. En el caso de alcantarillas colocas 2 (cabezal de entrada y de salida).
# de tramos	La cantidad de tramos en los que se divide el puente
Longitud de desvío	Distancia que se debe recorrer para llegar al mismo destino debido al cierre por el paso del puente.
Pendiente longitudinal	Porcentaje de inclinación del puente.
Servicios públicos	Tipos de servicios existentes (electricidad, agua, gas, oleoducto, fibra óptica, entre otros) que estén adosados o dentro del área de influencia del puente.
Cruce sobre	Nombre del río, quebrada sobre o estructura debajo del cual atraviesa el puente
<b>Pavimento</b>	
	Puede ser de asfalto, concreto o sin superficie de ruedo, entre otros. Incluir la

Tipo y espesor	medida en milímetros de espesor (50mm usualmente) y anotar si existen sobrecapas o no.
<b>Conteo vehicular</b>	
Conteo del tráfico	El tráfico promedio diario (TPD) debe consultarse con algún oficial del gobierno (la Municipalidad en este caso). Indicar en observaciones si no existe dicha información.
<b>Restricciones</b>	
Restricciones	De carga (ton), altura o anchura (m). Anotarlas si existen rótulos que las indiquen.
<b>Dimensiones importantes</b>	
Dimensiones	Obtener las medidas en metros del ancho total del puente, ancho de la calzada, altura libre inferior como superior (este último solo aplica en cerchas), ancho de vía de acceso y otros.

Fuente: Adaptado de (MOPT, 2007).

## Detalle de superestructura

A continuación, se resumen los datos para el detalle de la superestructura de cada puente:

<b>CUADRO N°4. DETALLE DE LA SUPERESTRUCTURA DEL PUENTE</b>	
Ítem	Descripción
<b>Información básica</b>	
# de tramos	Número de tramos que posee el puente.
Alineación en planta	Puede ser de alineación recta, curva o sesgada (anotas sesgo en grados, si fuera el caso).
<b>Viga principal</b>	
Material	Pueden ser hechas de acero, concreto (reforzado o preesforzado), mampostería, madera, compuesto (acero-concreto) u otro (especificar en este último caso).
	Pueden ser de viga simple, continua, marco rígido,

Tipo de superestructura	cercha (paso inferior, superior o de altura media), arco (paso inferior o superior), colgantes, atirantados, otros (especificar).
Tipo de viga	Pueden ser viga losa, con geometría de "I", de "T", cajón, troncos, otros (especificar en este último caso).
Longitud total	Se refiere a la longitud total en metros del puente. Por lo general se realiza de junta a junta en ambos bastiones del puente. Para las alcantarillas se refiere a la máxima distancia entre las paredes exteriores.
Longitud de tramo máximo	Se refiere al tramo de mayor longitud en el puente.
# de vigas	Se refiere a la cantidad de vigas presentes en el puente. En alcantarillas cuenta como la cantidad de celdas que posee esta.
Espaciamiento entre vigas	Separación existente entre los ejes centrales de las vigas. Cuando se refiere a alcantarillas con más de una celda se refiere a la distancia entre sus ejes centrales y si poseen distintas separaciones, se deben promediar. Si es de una sola celda se deja en blanco el espacio.
Altura	Altura de la viga principal, en vigas de sección variable se promedian los valores.
Anchura	Anchura de las vigas del puente.
<b>Juntas de expansión</b>	
Tipo	Pueden ser abiertas, selladas, de placas dentadas o de acero deslizante, no posee o no se tienen información al respecto. Siempre verificar todas las juntas que hayan.
<b>Losa</b>	
	Pueden ser de concreto,

Material	acero, madera u otros (especificar en este último caso).
Espesor	Espesor de la losa del puente, debe anotarse en metros (m).
<b>Pintura</b>	
Tipo	Aplica solo para superestructuras de acero. Pueden ser de pintura de aceite, vinílica, epóxica, masilla epóxica, uretanos, primarios ricos en zinc, de látex u otras (especificar en este último caso).
Área de pintado	Aplica solo en superestructuras de acero, se debe anotar el área en metros cuadrados (m <sup>2</sup> ).
Fecha de última pintada	Se debe anotar el día, mes y año de la última vez que fue pintada la superestructura. Si no se tiene dato, no aplica el ítem.
Empresa encargada	Nombre de la empresa encargada de pintar la superestructura.

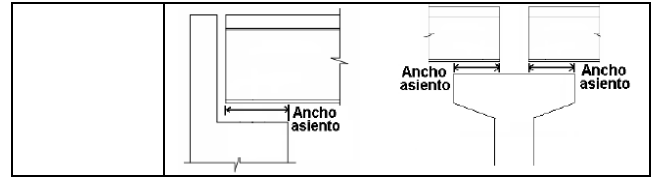
Fuente: Adaptado de (MOPT, 2007).

## Detalle de subestructura

A continuación, se resumen los datos para el detalle de la subestructura de cada puente:

<b>CUADRO N°5. DETALLE DE LA SUBESTRUCTURA DEL PUENTE</b>	
Ítem	Descripción
<b>Bastiones y pilas</b>	
Nombre	Por lo general se le coloca al bastión una "B" seguido del número que sea (ya sea el primer o segundo bastión, es decir, B1 o B2). De igual manera con las pilas, solo que se cambia la letra "B" por una "P". La numeración se basa en la dirección de la ruta y el kilómetro de inicio del puente.
Materiales	Pueden ser de concreto, acero, compuesto (acero-concreto), mampostería, madera u otros (en este último caso especificar).
	Pueden ser de tipo gravedad,

Tipo de bastión	voladizo, marco, muro contrafuerte, tierra armada, cabezal sobre pilotes u otros (especificar en este último caso).
Altura y anchura	La altura comprende desde la pared de cabezal hasta la base de la fundación y el ancho desde un extremo de la pared cabezal al otro, en sentido horizontal.
Tipo de pila	Puede ser tipo muro, marco, columna sencilla, columna múltiple u otros (especificar en este último caso).
Altura, anchura y largo	La altura se determina desde la parte superior de la viga cabezal o el martillo hasta la base de la fundación. La anchura es la distancia en metros comprendida por el cuerpo principal de la pila (en sentido perpendicular a la dirección longitudinal del puente. Va a depender mucho del tipo de pila (en el caso de columnas múltiples, se sumas los anchos de las columnas). El largo se refiere a la distancia comprendida por el cuerpo principal de la pila en el sentido paralelo a la dirección longitudinal del puente.
<b>Fundaciones</b>	
Tipo	Pueden ser de tipo placa (aisladas o corridas), pilotes, cabezal sobre pilotes, <i>caisson</i> u otros (especificar en este último caso).
Ancho y largo	Se obtienen de manera similar a las pilas.
Tipo de pilote	Pueden ser de concreto (preesforzado o reforzado), pilotes de concreto colado in situ, tubos de acero, acero tipo "H", madera u otros (especificar en este último caso).
<b>Apoyos</b>	
Tipo	Pueden ser apoyos fijos, expansivos, rígidos u otros (especificar en este último caso).
Ancho de asiento	Hace referencia a la máxima distancia de apoyo posible desde el borde exterior del elemento principal o viga hasta el extremo exterior de la viga cabezal o martillo. Esta medida debe ser anotada en metros.



Fuente: Adaptado de (MOPT, 2007).

## Fotografías

De acuerdo con el manual de inspección de puentes (MOPT, 2007), las fotografías que se deben obtener deben ser relevantes e importantes para el inventario de estas estructuras (Figura 68).

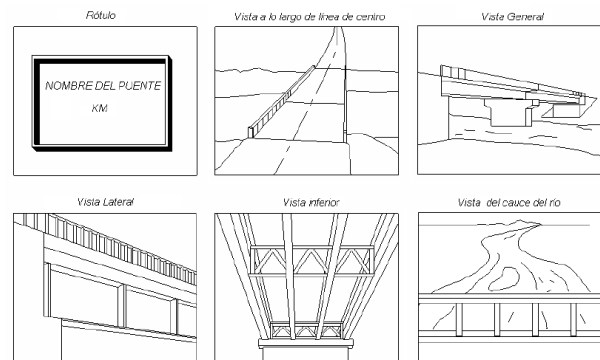


Figura 68. Ejemplos de fotos para hojas de inventario. (MOPT, 2007).

Para el caso de las hojas de inspección se deben tomar fotografías que muestren la losa, la superestructura y subestructura, accesorios y cualquier otro elemento que se considere apropiado y que posea algún daño y/o deterioro (Figura 69). No se debe limitar a las descripciones mencionadas, sino más bien añadir todos los rasgos que a criterio del inspector sean inusuales, peligrosos o pobremente reparados.

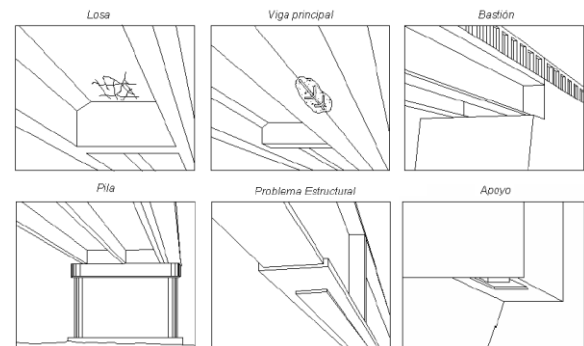


Figura 69. Ejemplos de fotos para hojas de inspección. (MOPT, 2007).

## Grado de deterioro de los puentes

Según el Manual de Inspección de Puentes (MOPT, 2007), se establecen 15 elementos a evaluar (pavimento, barandas, juntas de expansión, losa, viga principal [si es de acero se le añade el sistema de arriostramiento y pintura; o puede ser de concreto], viga diafragma [aplica para vigas de concreto], apoyos, viga cabezal y aletones del bastión, cuerpo principal del bastión, martillo de la pila [si existen] y cuerpo principal de la pila).

Cada uno de ellos se le otorga una calificación de 1 a 5, siendo 1 la condición más favorable y 5 la menos favorable.

## Indicadores de desempeño

La metodología empleada para la priorización de intervenciones en puentes utilizando indicadores (Ortíz et al, 2020) cuenta con cuatro condiciones de evaluación distinta, sin embargo, en este trabajo solo se utilizaron las de la condición estructural y la socioeconómica, esto debido a que la Municipalidad de Turrialba centra su interés en una priorización con respecto a la importancia vial de los caminos, lo cual hace que estos dos sean ideales.

## Cálculo de indicadores de desempeño

### INDICADOR DE CONDICIÓN ESTRUCTURAL DEL PUENTE (BCI):

Según (Ortíz et al, 2020) la fórmula establecida para el cálculo de este indicador es:

$$BCI = 5\% BCI_{Accesorios} + 45\% BCI_{Superestructura} + 50\% BCI_{Subestructura}$$

Donde  $BCI_{Accesorios}$  corresponde a la peor calificación obtenida en los accesorios de la estructura y  $BCI_{Subestructura}$  de manera similar con  $BCI_{Superestructura}$ , los porcentajes ya vienen establecidos por expertos que se reunieron en talleres a aplicar la metodología Delphi.

Los elementos para contemplar en este índice de condición estructural son los siguientes:

CUADRO N°6. ELEMENTOS POR CONSIDERAR PARA EL INDICADOR DE CONDICIÓN ESTRUCTURAL	
BCI	
BCI Accesorios	Pavimento, barandas y juntas de expansión.
BCI Superestructura	Losa, viga principal de acero, sistema de arriostres, pintura, viga principal de concreto y viga diafragma de concreto.
BCI Subestructura	Apoyos, aletones y pared cabezal (bastión), cuerpo principal (bastión) y martillo de pila.

Fuente: Adaptado de (Ortíz et al, 2020).

Los valores son similares a la evaluación del Manual del MOPT ya que se le asigna una calificación del 1 al 5, siendo este último la condición más crítica (deficiente) (Figura 70).



Figura 70. Escala de valoración para el indicador de desempeño estructural (Ortíz-Quesada, Garita-Rodríguez, Navarro-Mora, & Paez, 2020).

### INDICADOR DE CONDICIÓN SOCIOECONÓMICA (SoEc):

Este indicador valora la importancia socioeconómica y la importancia de la ruta donde se encuentra la estructura. Se utiliza la siguiente fórmula para su cálculo:

$$SoEc = 50\% Importancia socioeconómica + 50\% Importancia de ruta$$

Las condiciones evaluadas que se contemplan son las siguientes:

<b>CUADRO N°7. ELEMENTOS POR CONSIDERAR PARA EL INDICADOR DE CONDICIÓN SOCIOECONÓMICA</b>	
<b>SoEc</b>	
Importancia socioeconómica	Índice de Viabilidad Técnico Social (IVTS).
Importancia de la ruta	Clasificación de la ruta (ejes estratégicos).

Fuente: Adaptado de (Ortiz et al, 2020).

Este indicador califica de igual manera con una puntuación de 1 a 5, siendo 1 la condición socioeconómica más baja y 5 la más alta (Figura 71).



Figura 71. Escala de valoración para el indicador de condición socioeconómica (Ortiz et al, 2020).

Según (MOPT, 2014) el IVTS es "...el índice que sirve para determinar la importancia relativa de una calle o camino dentro de un cantón, distrito o región, de condiciones similares. La cuantificación de cada uno de los criterios ahí considerados permite la obtención de un índice relativo entre 0 y 100, que indica el grado de importancia de la vía. Entre mayor es el índice, mayor importancia revisten el camino o calle en estudio" (p.28).

La puntuación para asignar según el valor de IVTS se muestra a continuación:

<b>CUADRO N°8. VALORACIÓN DEL INDICADOR DE CONDICIÓN SOCIOECONÓMICA SEGÚN SU IVTS</b>	
<b>Valor de IVTS</b>	<b>Puntuación</b>
90 – 100	5
70 – 89	4
50 – 69	3
30 – 49	2
0 – 29	1

Fuente: Adaptado de (Ortiz et al, 2020).

Con respecto a la importancia de la ruta se estableció su calificación numérica de acuerdo a

la definición de ejes estratégicos (la misma metodología utilizada por la Municipalidad del Guarco). En ella se analiza que los caminos sean ejes conectores, es decir, que conecten dos rutas nacionales o que sean el único acceso a una comunidad; si posee proyectos turísticos, agrícolas e infraestructura: proyectos de bien social.

Se determinó que la importancia de la ruta va a distribuirse de la siguiente manera (Figura 67):

Categoría A: cuando los caminos son ejes conectores, poseen proyectos turísticos, agrícolas y de infraestructura.

Categoría B: representa que son ejes conectores y que existen proyectos turísticos y agrícolas en la zona. A su vez, se subdivide en B1 y B2. La B1 posee solo proyectos turísticos y la B2 solo posee proyectos agrícolas.

Categoría C: cuando no son ejes conectores.

Luego de definir la categoría para el puente se califica mediante la siguiente escala de puntuación, como se muestra a continuación:

<b>CUADRO N°9. VALORACIÓN SEGÚN LA CATEGORÍA DEL EJE ESTRATÉGICO</b>	
<b>Eje estratégico</b>	<b>Puntuación</b>
A	5
B	4
B1	3
B2	2
C	1

Fuente: Adaptado de (Municipalidad de El Guarco, 2021).

Para definir el dato de indicador de condición socioeconómica se utilizará el promedio de las calificaciones de cada uno de los elementos evaluados.

## Priorización de los puentes

Los 20 puentes inspeccionados se van a priorizar con respecto a los indicadores estructurales y socioeconómicos de la metodología escogida (Ortiz et al, 2020). Con el objetivo de que la Municipalidad de Turrialba tenga una mejor

claridad sobre las intervenciones que deben realizar en sus estructuras de puentes; cuáles deben de intervenir con mayor urgencia, cuáles deben de brindarseles mantenimiento y cuáles pueden mantenerse en funcionamiento con normalidad.

## Base de datos

Para la recopilación y adecuado almacenamiento de la información obtenida en campo, sumado a las evaluaciones hechas acorde a los lineamientos del Manual de Inspección de Puentes (MOPT, 2007) se creó una base de datos digital por medio del programa Microsoft Excel. Con el uso de macros se programaron las hojas de llenado de información general para que se almacene de manera más dinámica e interactiva.

Luego estan las pestañas donde se realizó la evaluación, según el Manual de Inspección de Puentes (MOPT, 2007) tanto para los accesorios, la superestructura y la subestructura.

También, se creó una sección donde se añadieron los dos indicadores utilizados (Ortiz et al, 2020), la calificación obtenida para cada uno de los 20 puentes donde indica cual es su estado actual, que va desde aceptable (color verde) hasta deficiente (en color rojo).

La base de datos calcula la ponderación respectiva de priorización una vez introducidos los valores obtenidos de los formularios de campo.

El valor de la priorización total de cada puente va en función del promedio de los dos indicadores utilizados.

Al final, se tienen a manera de resumen, graficos que exponen los daños para cada parte del puente (accesorios, superestructura y subestructura) así como su valor prioritario.

## Recomendaciones de intervención a los dos puentes mas deficientes

En general, se tienen tres formas de intervención para los puentes (Ortiz, 2022) (mantenimiento: el

cual puede ser preventivo o correctivo; la rehabilitación o la sustitución). Todo esto va en función del nivel de daño que posean las estructuras según su valor prioritario.

En las estructuras en condición aceptable e insatisfactoria (valores entre 1 y 2 (Ortiz et al, 2020), las intervenciones son meramente de mantenimiento preventivo y en según el caso, leves cuestiones correctivas, con el fin de prevenir que el estado de estos puentes empeore.

Los puentes en condición satisfactoria (con un valor de 3 (Ortiz et al, 2020), son estructuras que ya se les deberá considerar un mantenimiento correctivo.

En el Manual para el mantenimiento de Puentes (Winiker, 2019) viene muy claro el procedimiento, equipo y personal que se requiere para realizar las reparaciones requeridas, según sea el caso. En su mayoría, cuestiones relacionadas con acero de refuerzo en elementos de concreto (bordillos, barandas, fundaciones), remoción de eflorescencia (en bastiones y losas).

Finalmente, las estructuras que presenten elementos con valores entre 4 y 5 (condición deficiente (Ortiz et al, 2020) ya requieren de una rehabilitación o una sustitución. Cada uno va a depender tanto del nivel de daño junto del analisis costo-beneficio del mismo. Lo que a su vez, implica entrar en una etapa de diseño para poder brindar soluciones con fundamento, sin embargo, esto ya se sale del alcance del proyecto como tal pero es importante recalcarlo.

Una vez ya definidos los 2 puentes mas críticos, se les brindó posibles recomendaciones de intervención las cuales son sugerencias, mas no soluciones definitivas por lo mencionado anteriormente.

# Resultados

Se muestran los resultados obtenidos para los 20 puentes inspeccionados, iniciando el recorrido en el puente de San Antonio centro (ciudad del distrito de Santa Cruz) sobre la quebrada Lola. Se utilizaron unos formularios adaptados a las necesidades de la Municipalidad, pero siempre cumpliendo con los requerimientos del manual de inspección de puentes del MOPT (MOPT, 2007). Los demás puentes fueron inspeccionados a lo largo de 2 meses, hasta completas las 20 estructuras.

Entre esta información destacan daños en las estructuras (en cualquier elemento de los accesorios, superestructura y subestructura), el resultado de los dos indicadores de desempeño utilizados (Ortiz et al, 2020) y la priorización final obtenida a partir de estos.

## Inspección de puentes

### Información general

Se entablaron los datos de la información general requerida para cada uno de los 20 puentes inspeccionados. En ella se indican las principales características de cada puente (Figura 72), que van desde el distrito, código del puente, TPD, número de tramos, superestructuras y subestructuras, río que cruza, altura libre inferior, longitud de desvío y coordenadas.

Una vez recopilada la información se digitó en la base de datos para evaluar sus daños y ponderarlos como corresponde, hecho eso, se procedió a priorizar las estructuras y obtener el valor cuantitativo que tuvo cada puente.

Puente	Distrito	Código de camino	TPD	# de tramos	# de superestructuras	# de subestructuras	Cruza sobre	Longitud total (m)	Altura libre inferior (m)	Long. de desvío (km)
San Diego	Santa cruz	30503101	40	1	1	2	Quebrada loca	6.7	3.20	6.00
Río Lajitas 1	Santa cruz	30507704	80	1	1	2	Río lajitas	8.25	4.20	21.42
Río Lajitas 2	Santa cruz	30507705	45	1	1	2	Quebrada lajitas	7.3	2.50	21.22
San Antonio	Santa cruz	30503001	99	1	1	2	Quebrada lola	10.2	5.30	8.40
Porosal 1	Santa cruz	30511802	65	1	1	2	Río Jesús María	6.2	3.80	N.A
Porosal 2	Santa cruz	30511801	65	1	1	2	Sin nombre	6.1	4.10	N.A
Guayabito	Santa cruz	30507703	183	1	1	2	Río guayabito	12.45	9.10	35.00
Cruce con San Antonio	Santa cruz	30507702	183	1	1	2	Quebrada loca	La=5 y L=5	3.25	6.00
Bonillita	Santa cruz	30507706	45	1	1	2	Quebrada bonillita	11.5	3.15	N.A
Arca de Noe	Santa cruz	30507701	183	1	1	2	Quebrada lola	9.2	7.10	8.45
Virtudes	Santa cruz	30502001	58	1	1	2	Río guayabito	6.7	4.60	24.00
Virtudes 2	Santa cruz	30502701	46	1	1	2	Sin nombre	6.5	2.90	9.60
Río Culebra	Tuis	30502101	48	1	1	2	Río culebra	43	9.20	30.00
La Fuente	Santa teresita	30503201	30	1	1	2	Río torito	24.5	8.70	22.22
El Dos	Santa teresita	30507201	33	1	1	2	Quebrada el dos	6.7	3.00	4.45
Cruce con San Joaquin	Tuis	30504701	48	2	2	2	Río cabeza de buey	19.55	3.45	N.A
San Juan Bosco	Tuis	30515501	18	1	1	2	Río cabeza de buey	9.6	3.60	10.10
San Bernardo	Tayutic	30513401	40	1	1	2	Río jicotea	9	4.30	N.A
Domingo García	Turrialba	30500601	25	1	1	2	Río colorado	8.3	4.95	4.32
Quebrada Grande	Turrialba	30500401	95	1	1	2	Quebrada grande	8.2	2.00	9.00

Figura 72. Información general de los 20 puentes inspeccionados. Autoría propia.

### Daños encontrados en las estructuras

En cuanto a los daños relacionados a cada una de las 20 estructuras inspeccionadas, se dividieron en tres categorías: accesorios, superestructura y subestructura. Los gráficos presentes a continuación corresponden a una evaluación general de cada categoría, para observar más a detalle cada uno de los puentes se puede verificar en la sección de anexos donde viene más específico puente por puente.

En el primer gráfico (Figura 73), se observa la calificación para el daño en los accesorios obtenida a partir del Manual de Inspección de Puentes (MOPT, 2007), donde se calificó del 1 al 5; con 1 la calificación regular y 5 la menos favorable.

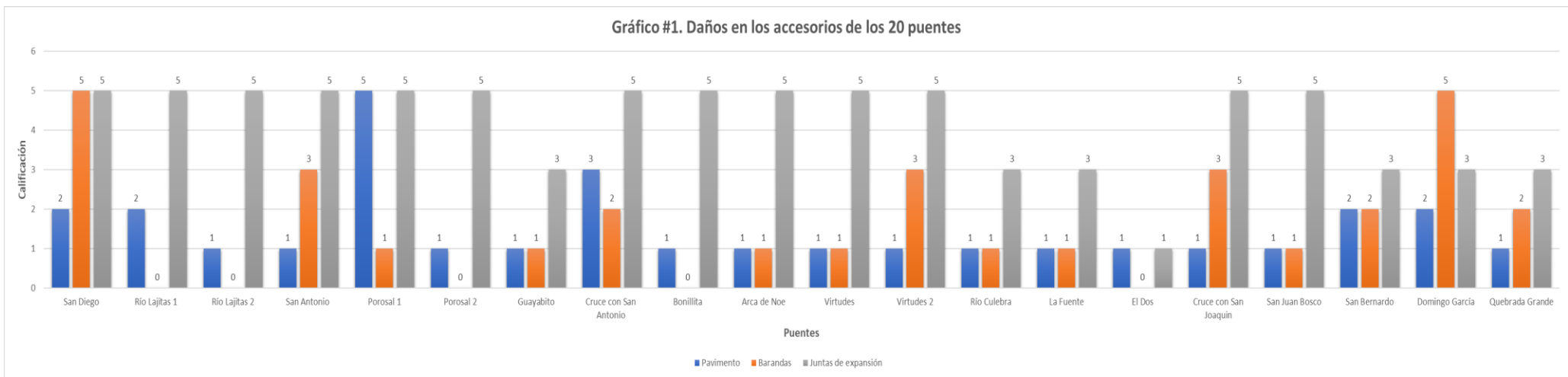


Figura 73. Gráfico con calificación para los accesorios de los 20 puentes inspeccionados. Autoría propia.

Los daños en las juntas de expansión y en las barandas son los más frecuentes. En el caso de las juntas, la mayoría se encuentran obstruidas (por asfalto, grava o lastre) y en 6 estructuras no existen barandas del todo, solo bordillos.

En siguiente gráfico (Figura 74), se observa la calificación para el daño en la superestructura obtenida a partir del Manual de Inspección de Puentes (MOPT, 2007), donde se calificó del 1 al 5; con 1 la calificación regular y 5 la menos favorable.

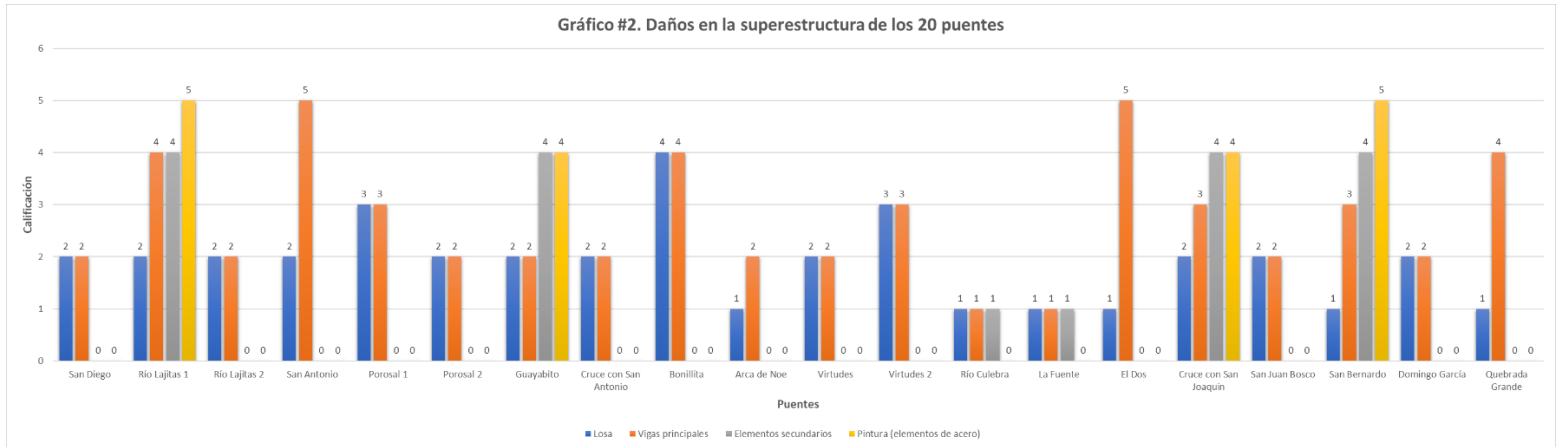


Figura 74. Gráfico con calificación para la superestructura de los 20 puentes inspeccionados. Autoría propia.

Lo que corresponde a vigas principales, las de acero son las que se encontraban en peor estado (oxidadas y algunas corroídas), las de concreto también presentaban daños (acero de refuerzo expuesto y/o corroído, descascamiento). Los elementos secundarios se encontraron en un estado similar a las vigas principales (en cuanto a las de acero); de concreto solo un puente tenía y es relativamente nuevo.

Las losas en su gran mayoría estaban en condición aceptable. Lo que respecta a la pintura, se obtuvo que la gran mayoría de vigas de acero presentaron problemas de ampollas y descascamiento.

En el gráfico 3 (Figura 75), se observa la calificación para el daño en la superestructura obtenida a partir del Manual de Inspección de Puentes (MOPT, 2007), donde se calificó del 1 al 5; con 1 la calificación regular y 5 la menos favorable.

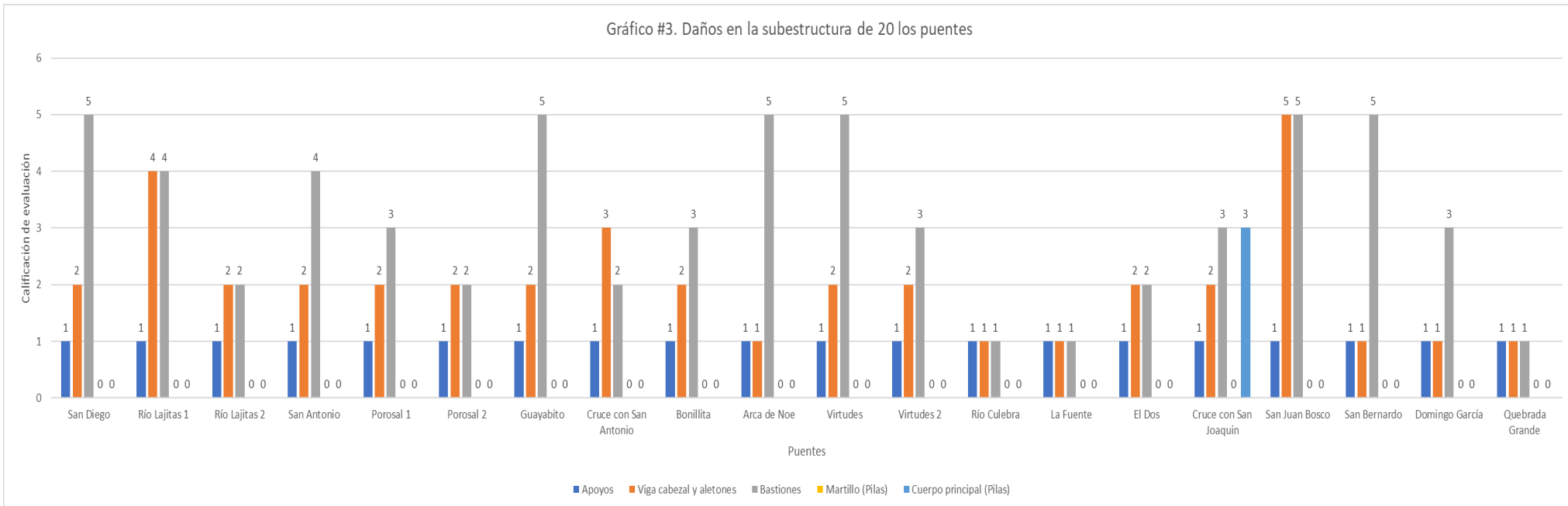


Figura 75. Gráfico con calificación para la subestructura de los 20 puentes inspeccionados. Autoría propia.

El cuerpo principal del bastión fue el más afectado en todas las estructuras. Los apoyos se encuentran en estado regular, ya que en su mayoría todos eran rígidos. La presencia de humedad, nidos de piedra y socavación fueron los daños más comunes.

## Base de datos

La base de datos registra la información general de cada puente (utilizando las *macros* de Microsoft Excel) y lo almacena en la pestaña de información general. En ella, se tienen un total de 7 pestañas (Figura 76).

La primera es la parte de registro de la información general, donde el usuario debe digitar la información correspondiente (ver apéndice 9, manual de usuario), luego se tiene la pestaña de información general, donde se almacenan los datos registrados anteriormente.

Lo que respecta a la pestaña de accesorios, superestructura, subestructura, se deben de introducir los datos que hayan sido recopilados en campo por el inspector (según lo estipulado en el Manual de inspección de Puentes del MOPT (MOPT, 2007).

En la pestaña de indicadores de desempeño, se tienen los datos de la condición estructural (incluye el BCI accesorios, BCI superestructura y BCI subestructura, junto con el BCI total que es la ponderación de todos juntos), condición socioeconómica (incluye la importancia socioeconómica, la clasificación de la ruta y la importancia de la ruta, junto con su valor final de SoEc que es la ponderación de todos los datos anteriores) y se tiene el valor de priorización promedio de ambos indicadores juntos.

Por último, se tiene la pestaña de gráficos (Figura 73, 74, 75 y 76), donde se tienen de manera más visual y ordenada los daños que posee cada puente con respecto a sus accesorios, superestructura y subestructura. También se tienen un gráfico con la priorización obtenida en la pestaña anterior, donde viene con los respectivos colores y sus valores cuantitativos.

A la hora de evaluar algún otro puente nuevo, simplemente se copia la fila tipo y se pega en la fila siguiente, por lo que no genera problema alguno.



Figura 76. Esquema de la base de datos en Excel. Autoría propia.

## Priorización de estructuras

Con respecto a la priorización de los 20 puentes (Figura 76), se realizó un cuarto gráfico, que muestra de manera más ordenada y agradable las calificaciones de cada una de estas estructuras. En este se observa la calificación cuantitativa obtenida a partir de los 2 indicadores utilizados (Ortíz et al, 2020).

Los puentes en color rojo indican que están en el peor estado, los que están en color naranja corresponden a un estado insatisfactorio, los amarillos se encuentran en estado aceptable y solo los dos en verde se muestran como aceptables.

Como se observa en el gráfico 4, existen 4 puentes en el peor estado (Río Lajitas 1, San Antonio, Bonillita y Arca de Noe), sin embargo, se escogieron los dos con mayor valor cuantitativo de la priorización y según criterio con respecto a la visita en campo. Estos fueron el puente San Antonio y el puente Bonillita.

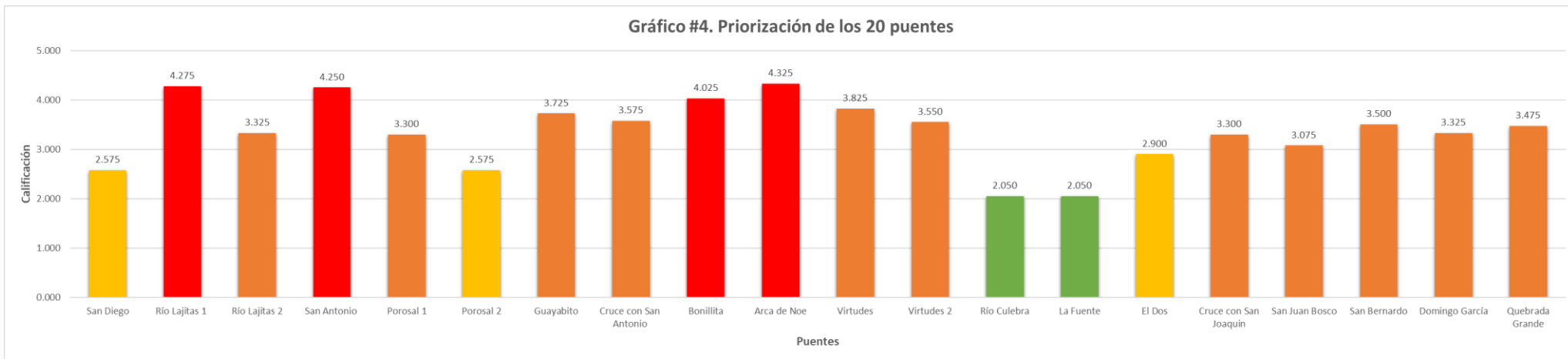


Figura 76. Gráfico con la ponderación prioritaria de los 20 puentes. Autoría propia.

# Recomendaciones de intervención a los dos puentes más deficientes

## Puente San Antonio

Uno de los dos puentes tuvo grandes problemas en las vigas de la superestructura (Puente San Antonio, Figura A29 y A30) y en las fundaciones de los bastiones (gran socavación).

Inicialmente, se consideró la posibilidad del uso de tecnologías avanzadas como el reforzamiento con fibras de carbono (Figura 77 y 78) para las vigas de concreto.

Sin embargo, considerando el gran daño que poseen los elementos (acero con gran corrosión y oxidación, un 70% de descascaramiento del concreto) junto con la dimensión de estos (12m de longitud), el análisis costo-beneficio no sería rentable por lo que la opción de rehabilitarlo quedaría desacartada.

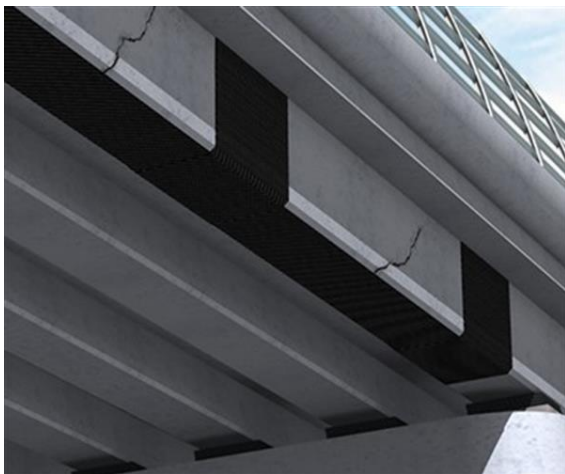


Figura 77. Reforzamiento a flexión en viga de concreto (Masterbuilders, s.f).

La recomendación de la sustitución de estos elementos sería la más factible.



Figura 78. Rollos de fibra de carbono (SIKA, s.f.)

Por otro lado, el problema de la socavación va muy de la mano con el análisis hidráulico del puente (análisis del ancho del cause del río; por ejemplo, qué tan amplio se encuentra aguas arriba, ya que en lugar de mejorar podría empeorar la situación).

Durante el verano, en la zona donde está ubicado el puente se mantiene relativamente seco (Figura A31 y A32), sin flujo constante de agua. Sin embargo, en invierno al ser un lugar montañoso y cercano a las faldas del Volcán Turrialba sí se genera un flujo mayor de agua. Por lo que sí se debe de tomar en cuenta este aspecto a la hora de trabajar en la socavación de los bastiones.

Se pensó en cubrir toda la fundación con un tipo de escollera de concreto ciclopeo (Figura 79).



Figura 79. Concreto ciclopeo en un muro de contención (CYPE Ingenieros, s.f).

Similar a la que le realizaron el Puente Blanco, en el distrito de Turrialba centro (Figura 80). Pero, esto va de la mano con un análisis previo de las características del río, ya que en lugar de beneficiar puede ser perjudicial y en cuestión de un año se haya lavado por la velocidad del agua (si fuera el caso).



Figura 80. Escollera realizada en el Puente Blanco (RFC Constructora, 2021).

Entonces, algunas sugerencias de posibles ejemplos de intervención serían:

- Las escolleras que cubran las fundaciones.
- Si las condiciones del cause aguas arriba elevan la velocidad del flujo, se podrían emplear elementos (sistemas de control de erosión (Monge, 2007) que disminuyan dicha velocidad y así que no fluya tan acelerado cuando llega a la zona de los bastiones.
- Ampliar la subestructura, ya que el puente posee fundaciones

superficiales, no existe presencia de pilotes.

Entonces, según los planteado anteriormente la recomendación que más se adapta, según las condiciones en las que se encuentra el puente San Antonio es la sustitución total del puente, esto saldría mucho más económico que intentar rehabilitar la estructura. En este caso, como se requiere la etapa de diseño como tal al ser una estructura nueva, queda a cargo de la Municipalidad de Turrialba.

## Puente Bonillita

El otro puente (Bonillita), también posee problemas a nivel de superestructura y subestructura (Figura A59 – A64). Sin embargo, este cuenta con vigas de acero a diferencia del puente anterior.

La losa posee incisos de acero de refuerzo expuesto en su parte inferior, las vigas se observaron muy corroidas y oxidadas, todo esto sumado a que el bastión 1 posee una grieta horizontal de extremo a extremo (Figura A60 – A64) en su cuerpo principal.

Para el caso de la losa, se puede realizar un mantenimiento con algún mortero de alta resistencia para evitar que la propagación de la exposición del acero de refuerzo se agrave. Winiker (2019), explica muy bien en su tesis los pasos a seguir para la reparación de este elemento de concreto.

Por su parte, en lo que respecta al bastión. Según Structuralia (2016), existen diversas maneras de reparar grietas en los elementos de concreto. Una de ellas es la reparación por medio de inyección, la cual consiste en sellar la fisura a base de resina epoxica la cual presenta mayor durabilidad ofreciendo muy buenos resultados (Figura 81).



Figura 81. Sellado de grieta mediante inyección de resina expóxica (Structuralia, 2016).

Ahora, en cuanto a las vigas de acero, se podría pensar en la sustitución de estas, porque cuentan con una disminución del espesor del ala debido al gran nivel de oxidación y corrosión presente. Sin embargo, como se mencionó anteriormente, el análisis costo-beneficio debe de tomarse en cuenta.

Entre construir el puente nuevamente o rehabilitar los elementos estructurales dañados, la primer opción es la más viable. Al ser un puente relativamente corto (11.5m de longitud), sería más económico reconstruirlo todo en lugar de invertir en una restauración que no va a garantizar una vida útil de muchos años (ya que son estructuras muy longevas).

En síntesis, la recomendación de intervención para este puente también sería su reconstrucción total. Por lo que, el diseño del mismo le correspondería también a la Municipalidad de Turrialba.

# Análisis de los resultados

## Inspección de puentes

Los distritos visitados para la inspección de las estructuras no poseen ríos o quebradas de gran caudal. Por lo cual, la mayoría de los puentes (65%) posee una longitud de entre 6m y 10m de extremo a extremo; un 15% poseen longitud entre 10m y 20m y el 20% restante es mayor a 20m de longitud.

En síntesis, todos estos puentes son de gran valor para las comunidades ya que las mantienen en contacto con la economía del cantón. En total se inspeccionaron 19 puentes en total más una alcantarilla de cuadro de una celda.

En cuanto al inventario, la información que tenía la Municipalidad sobre los daños de las estructuras era muy simple; no contaba con fotografías ni dimensionamientos de los elementos, mucho menos su estado estructural, entonces no se pudo comparar con respecto a lo obtenido. En general, lo que se observó fue que los puentes poseen fácil acceso para la inspección de sus elementos, no requiere de equipo o herramientas especiales. Y el inventario obtenido cuenta con la correcta inspección y evaluación de los 20 puentes, según el Manual de inspección de Puentes (MOPT, 2007).

### Accesorios

El gráfico 1, figura 73, mostró que las estructuras presentaron mayores inconvenientes en lo que fueron las barandas y las juntas de expansión. Solo 1 puente posee las juntas en estado regular, las demás están parcialmente obstruidas (3 puentes) o totalmente obstruidas (17 restantes).

Esto es de suma importancia, ya que debido a la acción repetitiva de cargas como la del paso de los vehículos, la acción del viento, contracción o los sismos, generan vibraciones que a largo plazo van a agrietar esa zona porque la energía solo se disipará de esa manera. Pues, la obstrucción del asfalto no permite dicho movimiento, por eso se da ese agrietamiento.

En cuanto a las barandas solo 5 puentes no cuentan con ellas, los demás (74%) poseen estos elementos en condiciones regulares (su calificación ronde entre 1 y 4). Solo en uno están críticas (calificación de 5, sin embargo, no presenta peligro alguno por su corta distancia).

La superficie de pavimento en todos está en condiciones regulares, no presentan daños severos a considerarse.

Únicamente el puente del Cruce con San Antonio presentó una sobrecapa de asfalto de 3cm aproximadamente, figura A53. La cual debe considerarse en intervenciones futuras ya que esto genera un peso muerto adicional en la estructura que no fue contemplado en su diseño inicial, lo que ocasiona el colapso de la estructura por sobrepasar sus esfuerzos límites.

### Superestructura

El gráfico 2, figura 74, mostró que los daños más graves estuvieron en los elementos de vigas, tanto principales como secundarias (arriostres). Los 20 puentes cuentan como superestructura tipo viga simple.

En las vigas de acero, su grado de corrosión y oxidación fueron muy elevados. En algunos casos (Puente El Dos) se reduce la sección original del elemento.

Por su parte, los puentes con vigas de concreto presentaron grandes daños en cuanto a descascaramiento y nidos de piedra en el concreto dejando al descubierto el acero de

refuerzo también oxidándolo y corriéndolo (Puente San Antonio).

En cuanto a las losas, están dentro de un rango regular, solo 1 (Puente Bonillita) que se le otorgo una calificación de 4 por lo expuesto que está el acero de refuerzo el elemento, figura A60 y A61.

Los rubros sobre la pintura en los elementos de acero están todos con valor de 1, sin embargo, no se maneja información alguna de ningún puente por parte de La Municipalidad de Turrialba con respecto a este tema.

## Subestructura

El gráfico 3, figura 75, mostró que los daños más graves se encontraron en los bastiones (y en el cuerpo principal de una pila – Puente Cruce con San Joaquín –), estos elementos poseen gran socavación en sus fundaciones; desprendimiento, fisuras, eflorescencia del concreto por lo que sus calificaciones en la evaluación fueron elevadas.

Luego, en menor nivel de gravedad están los aletones, con los mismos problemas ocasionados anteriormente, solo que añadiéndole la pérdida de protección del talud de relleno (caso del Puente San Juan Bosco).

Los apoyos se encuentran en condiciones regulares. La mayoría de los puentes poseen superestructuras de vigas simplemente apoyadas con apoyos fijos (un 99% de los puentes) y solo uno tiene apoyos expansivos de neopreno (Puente Rio Torito).

## Base de datos

La creación de una base de datos le permite a la Unidad de Gestión Vial de La Municipalidad de Turrialba organizar, ordenar, y actualizar los datos de los puentes del cantón.

También, prioriza los puentes de manera que considera la importancia vial del camino y su grado estructural y pondera un valor entre 1 y 5. Para así lograr tener una mejor idea sobre cuales deben de ser intervenidos con mayor urgencia que otros. Cuáles darles mantenimiento preventivo y cuáles están en buen estado.

## Indicadores de desempeño

Los dos indicadores de desempeño utilizados fueron el BCI estructural y el SoEc (que evalúa la parte socioeconómica). La figura 45 muestra los valores obtenidos a partir de su respectivo cálculo.

Como se mencionó, los accesorios, la superestructura y subestructura de los puentes están con serios daños, por lo que se obtuvieron valores hasta de 4.5.

En cuanto al indicador socioeconómico, el IVTS más elevado fue de 94 (sectores de Santa Cruz) con una importancia socioeconómica de 5. Por su parte, la importancia de ruta de 5 la obtuvieron 3 de las 20 estructuras, ya que poseen clasificación de ruta tipo A (cuadro N°9).

La mayor afectación en este caso se la llevaron los distritos con las zonas turísticas y agrícolas por su gran importancia a la hora de obtener el valor de SoEc final. Según el Plan Vial Quinquenal de La Municipalidad de Turrialba, serían los sectores de Santa Cruz y Tayutic.

## Priorización de estructuras

En el gráfico 4, figura 76, se observan que de los 20 puentes solo 5 están en condiciones regulares (2 satisfactorios y 3 aceptables. Los demás son insatisfactorios (11 de ellos) y 4 en condición roja (deficiente).

Los 4 puentes más deficientes fueron el Puente San Antonio, Rio Lajitas 1, Arca de Noe y Bonillita. De estos, a partir del criterio final se determinó que los dos más afectados fueron San Antonio y Bonillita.

# Conclusiones

1. En total se inspeccionaron 19 puentes y una alcantarilla de cuadro simple (de una celda).
2. Los daños más comunes en los 20 puentes para los accesorios fueron en las juntas de expansión y en las barandas. La gran mayoría posee juntas obstruidas y/o deformación de las barandas. El pavimento de la superficie de ruedo no presentó daños de gravedad.
3. Entre las 20 estructuras existen tanto puentes de acero como de concreto. Los de acero poseen daños asociados a oxidación y corrosión en sus vigas. Los de concreto tienen problemas de descaramiento, eflorescencia y nidos de piedra en la losa y los que tienen vigas, en ellas también.
4. Los daños más graves en la subestructura de los 20 puentes estuvieron asociados a la socavación existente en la fundación de los bastiones, nidos de piedra y eflorescencia.
5. La priorización de los puentes con el uso de indicadores de desempeño brinda un resultado más integral del grado de intervención que estos requieren.
6. Los dos puentes prioritarios de intervenir son el puente San Antonio y el puente Bonillita.
7. Únicamente 2 puentes se clasificaron en condición aceptable y 3 en condición satisfactoria, el resto se encuentran en insatisfactoria (11) y deficiente (4).
8. Para ambos puentes, tanto el San Antonio y el Bonillita, se recomendó que la intervención más viable es la reconstrucción total de las estructuras.

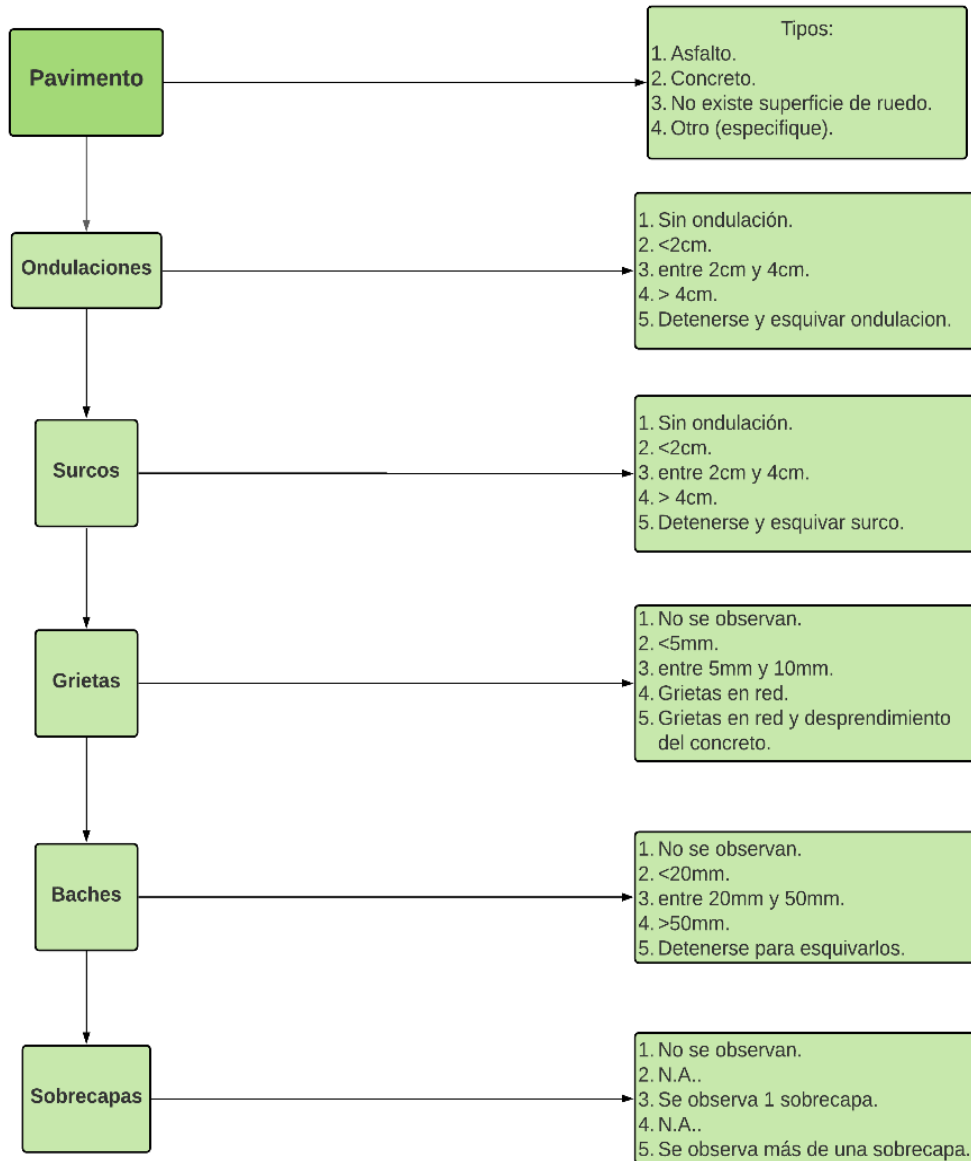
# Recomendaciones

1. Actualizar la base de datos periódicamente, para poder tener en algún momento todos los puentes de todos los distritos del cantón monitoreados.
2. A las estructuras que se clasificaron como aceptables e insatisfactorias, brindarles un tipo de mantenimiento preventivo. Las que entran en la categoría de satisfactorias, brindarles un mantenimiento correctivo, y las estructuras en la categoría de deficiente, darles rehabilitación o sustitución según lo requieran.
3. Contar con el equipo de protección y herramientas necesarias para la realización de las inspecciones.
4. Mantener al personal encargado de estas estructuras capacitado para la correcta inspección de las estructuras y que mejore su pensamiento crítico a la hora de realizar las visitas en campo.
5. Incorporar los otros indicadores de desempeño (la evaluación de variables ambientales – VAM – y la evaluación de uso – USO –) a la base de datos, con el fin de obtener una mayor precisión y exactitud porque se consideran más factores a la priorización.

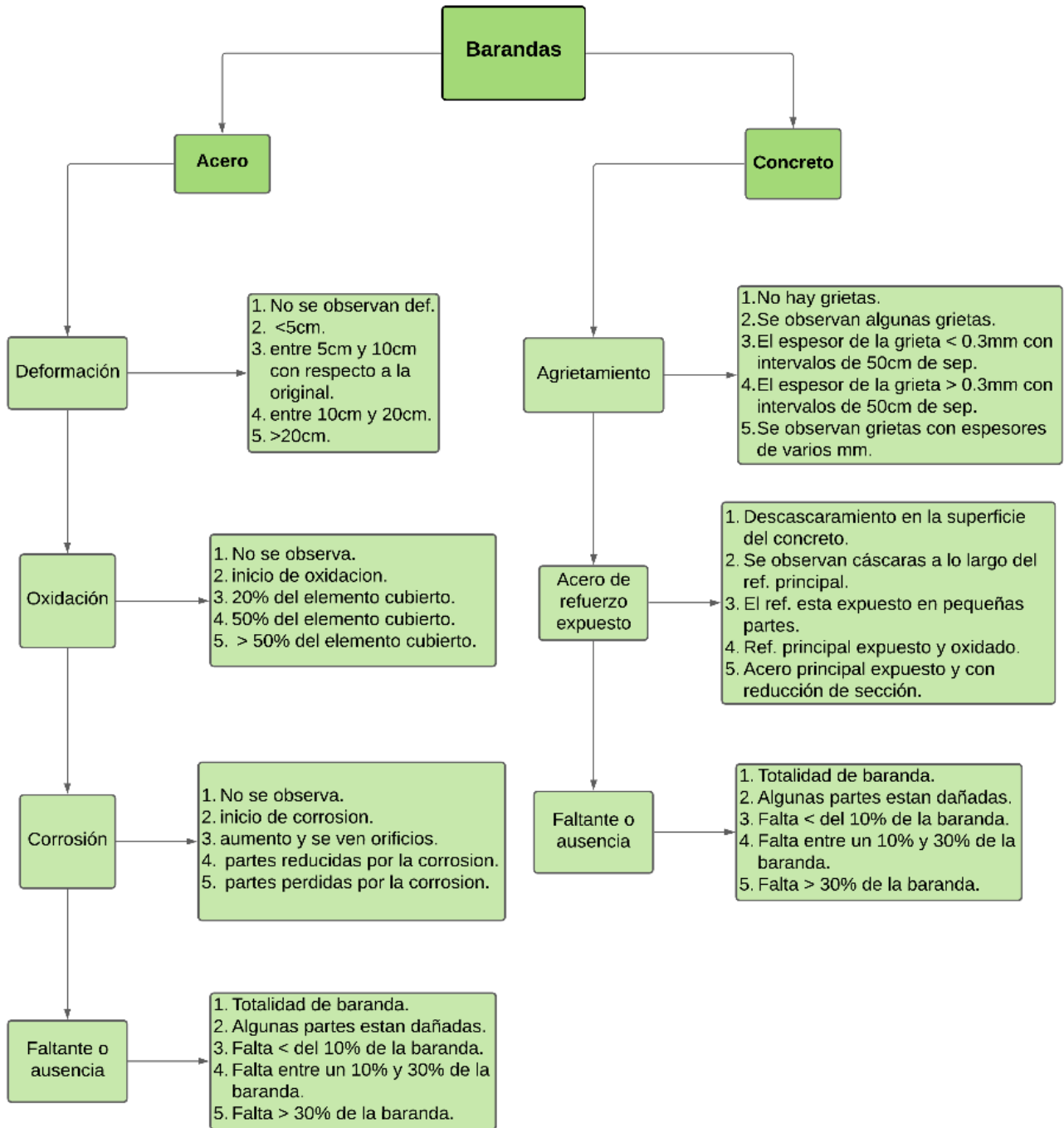
# Apéndices

A continuación, se muestran los apéndices realizados para el proyecto. Muestran tanto los formularios de campo utilizados en las inspecciones como diagramas de flujo que ayudan a la utilización de la base de datos digital.

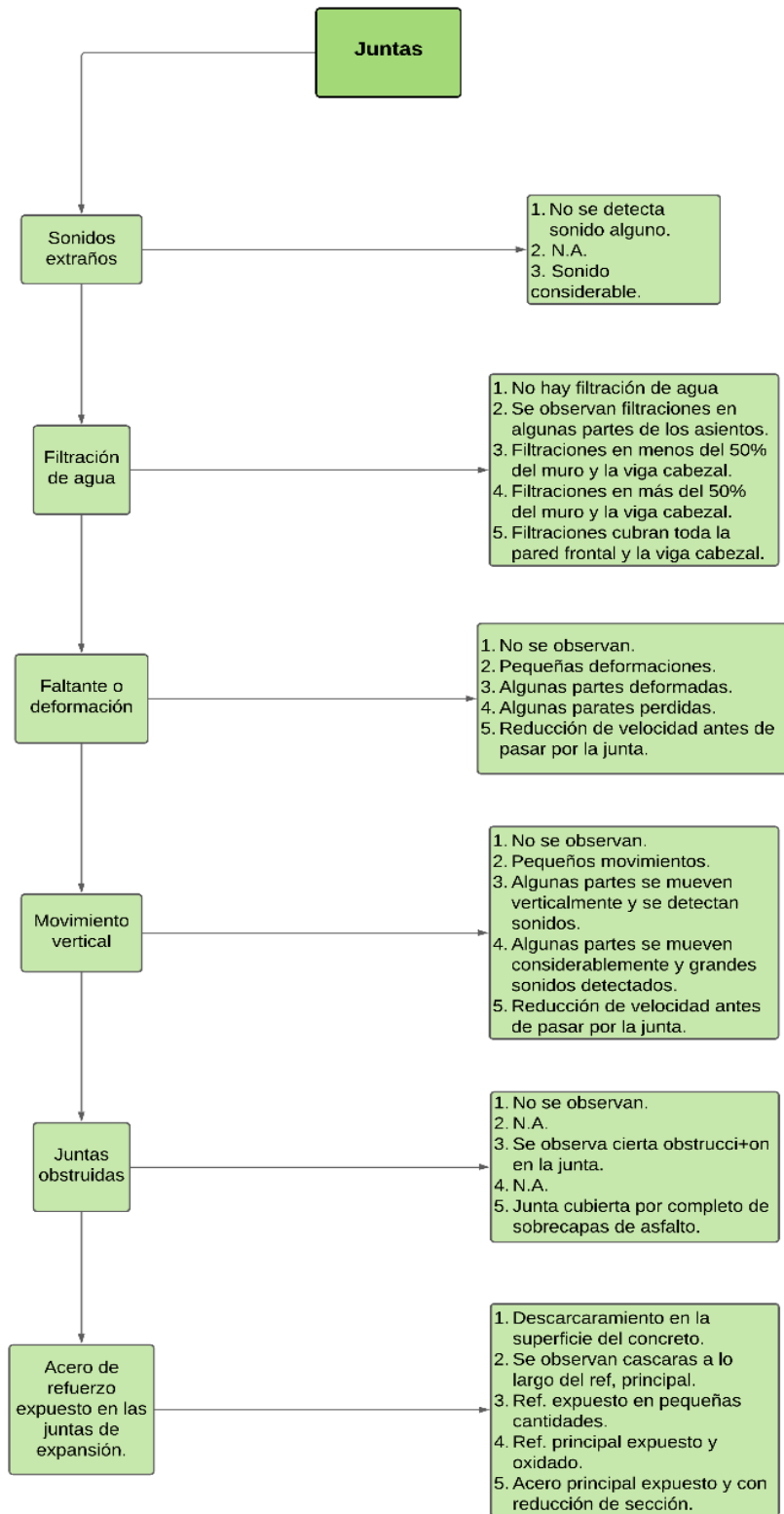
## Apéndice 1



## Apéndice 2





## Apéndice 3







## Apéndice 5

 <b>Municipalidad de Turrialba</b> <i>Unidad de Gestión Vial</i> Inventario básico de puentes. Superestructura y accesorios. 	
<b><u>Sistema de losa:</u></b>	
Material:	Concreto _____ Ancho (m): _____ Acero _____ Madera _____ Otro: _____
<b><u>Superestructura:</u></b>	
Tipo de superestructura:	Viga simple _____ Arco de paso inferior _____ Viga continua _____ Arco de paso superior _____ Marco rígido _____ Colgante _____ Cercha de paso superior _____ Atirantado _____ Cercha de paso inferior _____ Otro _____ Cercha tipo Pony (altura media) _____
<b><u>Vigas principales:</u></b>	
Material de vigas principales:	Concreto reforzado _____ Otro _____ Concreto preesforzado _____ Acero _____ Madera _____ Losa _____ Geometría de "I" _____ Tipo de Viga: Cajón _____ Geometría de "T" _____ Troncos _____ Otro Canaleta _____
Longitud total (m): _____	Altura (m): _____
Longitud tramo máximo (m): _____	Anchura (m): _____
# de vigas: _____	Espaciamiento entre vigas (m): _____
<b><u>Elementos secundarios:</u></b>	
¿Arriostramientos?	Sí _____ ¿Viguetas? Sí _____ No _____ No _____
# de arriostres: _____	# de viguetas: _____
<b><u>Pintura (aplica sólo en elementos de acero):</u></b>	
Tipo:	Capa intermedia _____ Área (m <sup>2</sup> ): _____ Capa primaria _____ Empresa encargada: _____ Acabado _____ Fecha de última pintada: _____
<b><u>Accesorios:</u></b>	
<b><u>Barandas:</u></b>	
Tipo:	Adosada _____ Altura (m): _____ Fijada en el sistema de losa _____ Anchura (m): _____
<b><u>Superficie de ruedo:</u></b>	
Material:	Concreto asfáltico _____ Sobrecapa de alfato (mm): _____ Concreto hidráulico _____ Sin superficie _____ Otro: _____
<b><u>Juntas de expansión:</u></b>	
Junta bastión #1:	Abierta _____ Abierta _____ Sellada _____ Sellada _____ Dentada _____ Junta bastión #2: Dentada _____ Acero deslizante _____ Acero deslizante _____ No se tiene dato _____ No se tiene dato _____ Otro: _____ Otro: _____
<b><u>Observaciones/notas:</u></b>	
Firma: _____	

## Apéndice 6

<b>Municipalidad de Turrialba</b> <i>Unidad de Gestión Vial</i> Inventario básico de puentes. Subestructura.		
<b>Bastiones</b>	<b><u>Bastión (B1)</u></b>	<b><u>Bastión (B2)</u></b>
	Tipo: Gravedad _____ Cabezal sobre pilotes _____ Marco rígido _____ Voladizo _____ Muro contrafuerte _____ Otro: _____ Material: Concreto reforzado _____ Acero _____ Mixto (acero-concreto) _____ Mampostería _____ Madera _____ Otro: _____ Altura (m): _____ Anchura (m): _____ Largo (m): _____	Tipo: Gravedad _____ Cabezal sobre pilotes _____ Marco rígido _____ Voladizo _____ Muro contrafuerte _____ Otro: _____ Material: Concreto reforzado _____ Acero _____ Mixto (acero-concreto) _____ Mampostería _____ Madera _____ Otro: _____ Altura (m): _____ Anchura (m): _____ Largo (m): _____
	<b><u>Apoyos</u></b>	<b><u>Apoyos</u></b>
	Tipo: Fijo _____ Expansivo _____ Rígido _____ Otro: _____ Ancho de asiento (m): _____	Tipo: Fijo _____ Expansivo _____ Rígido _____ Otro: _____ Ancho de asiento (m): _____
	<b><u>Fundaciones</u></b>	<b><u>Fundaciones</u></b>
	Tipo: Placa corrida _____ Pilotes _____ Cimentación sobre pilotes _____ Placa asilada _____ Indeterminado _____ Otros: _____ Anchura (m): _____ Largo (m): _____	Tipo: Placa corrida _____ Pilotes _____ Cimentación sobre pilotes _____ Placa asilada _____ Indeterminado _____ Otros: _____ Anchura (m): _____ Largo (m): _____
<i>¿Existen pilas en el puente?</i>		
<b>Pilas</b>	<b><u>Pila (P1)</u></b>	<b><u>Pila (P2)</u></b>
	Tipo: Columna sencilla _____ Columna múltiple _____ Marco rígido _____ Cabezal sobre pilotes _____ Muro _____ Otro: _____ Material: Concreto reforzado _____ Acero _____ Mixto (acero-concreto) _____ Mampostería _____ Madera _____ Otro: _____ Altura (m): _____ Anchura (m): _____ Largo (m): _____	Tipo: Columna sencilla _____ Columna múltiple _____ Marco rígido _____ Cabezal sobre pilotes _____ Muro _____ Otro: _____ Material: Concreto reforzado _____ Acero _____ Mixto (acero-concreto) _____ Mampostería _____ Madera _____ Otro: _____ Altura (m): _____ Anchura (m): _____ Largo (m): _____
	<b><u>Apoyos</u></b>	<b><u>Apoyos</u></b>
	Tipo: Fijo _____ Expansivo _____ Rígido _____ Otro: _____ Ancho de asiento (m): _____	Tipo: Fijo _____ Expansivo _____ Rígido _____ Otro: _____ Ancho de asiento (m): _____
	<b><u>Fundaciones</u></b>	<b><u>Fundaciones</u></b>
	Tipo: Placa corrida _____ Pilotes _____ Cimentación sobre pilotes _____ Placa asilada _____ Indeterminado _____ Otros: _____ Anchura (m): _____ Largo (m): _____	Tipo: Placa corrida _____ Pilotes _____ Cimentación sobre pilotes _____ Placa asilada _____ Indeterminado _____ Otros: _____ Anchura (m): _____ Largo (m): _____
<b><u>Observaciones/notas:</u></b>		
Firma: _____		

## Apéndice 7

 <b>Municipalidad de Turrialba</b> <i>Unidad de Gestión Vial</i> Inventario básico de puentes. Fotografías. 		
<b>Fotografías</b>	<u><b>Rotulo</b></u>	<u><b>Superficie de ruedo</b></u>
	<u><b>Vista general</b></u>	<u><b>Vista lateral</b></u>
	<u><b>Vista inferior</b></u>	<u><b>Vista del cause</b></u>
	<u><b>Observaciones/notas:</b></u>	
Firma:		

## Apéndice 8

Herramientas y equipo		
Actividad	Herramientas	Chequeo
<b>Limpieza</b>	Escoba	
	Cepillo de acero	
	Espátulas	
	Desatornillador plano	
	Pala	
<b>Inspección general</b>	Cuchilla	
	Cinzel	
	Taladro de mano	
	Calador	
	Cinzelador	
	Plomada	
	Cinturón de herramientas	
<b>Inspección visual</b>	Binoculares	
	Foco	
	Lupa ligera	
	Espejos de inspección	
<b>Medición</b>	Cinta de metrica (bolsillo mayor longitud)	
	Calibrador (vernier)	
	Medidor de inspección optica (grietas)	
	Medidor de inclinacion y transportador	
	Termometro	
	Nivel	
<b>Documentación</b>	Formularios, portapapeles y lápiz	
	Cuaderno de campo	
	Regla	
	Camara digital	
	Tiza o marcadores	
	GPS portátil	
<b>Varios</b>	Cinturón y gancho de seguridad	
	Prensa en C	
	Repelente de insectos y mata avispas	
	Botiquín de primeros auxilios	
	Papel sanitario y toallas	
	Casco	
	Chaleco	
	Botas de hule	
	Linterna	
	Equipo de comunicación	
Guantes		

## Apéndice 9: Manual del usuario

### Funcionamiento

La primera pestaña muestra una interfaz donde se pueden digitar los datos de la información general de cada puente, además de 3 botones; uno de “ir a información general”, el cual dirige al usuario directamente a la pestaña donde está la información general de todos los puentes; otro de “nuevo” y “añadir”, el primero lo que hace es borrar toda la información ya digitada en el espacio correspondiente de los datos de algún puente nuevo que ya fue añadido; y el segundo, almacena en la pestaña de información general todos los datos nuevos de alguna estructura (Figura 84).

Figura 84. Interfaz gráfica para el registro de la información general de los puentes. Autoría propia

La siguiente pestaña corresponde a la información general de los puentes, en ella se almacena todo lo registrado anteriormente. Además, cuenta con un botón de “ir a registro” para ir directamente a la pestaña de registro (Figura 85).

Puente	Distrito	Código de camino	TPD (km/h)	# de tramos	# de superestructuras	# de subestructuras	Cruza sobre	Longitud total (m)	Altura libre inferior (m)	Long. de desvío (km)	Coordenadas (N, E)
San Diego	Santa cruz	30503101	40	1	1	2	Quebrada loca	6.7	3.20	6.00	9.963685 -83.70856
Rio Lajitas 1	Santa cruz	30507704	80	1	1	2	Rio Lajitas	8.25	4.20	21.42	9.991011 -83.70362
Rio Lajitas 2	Santa cruz	30507705	45	1	1	2	Quebrada lajitas	7.3	2.50	21.22	10.00996 -83.69292
San Antonio	Santa cruz	30503001	99	1	1	2	Quebrada loa	10.2	5.30	8.40	9.957461 -83.70826
Porosal 1	Santa cruz	30511802	65	1	1	2	Rio Jesus Maria	6.2	3.80	N.A	9.964489 -83.75168
Porosal 2	Santa cruz	30511801	65	1	1	2	Sin nombre	6.1	4.10	N.A	9.963659 -83.7529
Guayabito	Santa cruz	30507703	183	1	1	2	Rio guayabito	12.45	9.10	35.00	9.978961 -83.71701
Cruce con San Antonio	Santa cruz	30507702	183	1	1	2	Quebrada loca	5	3.25	6.00	9.96715 -83.71921
Bonillita	Santa cruz	30507706	45	1	1	2	Quebrada bonillita	11.5	3.15	N.A	10.02174 -83.69079
Arca de Noe	Santa cruz	30507701	183	1	1	2	Quebrada loa	9.2	7.10	8.45	9.96619 -83.7296
Virtudes	Santa cruz	30502001	58	1	1	2	Rio guayabito	6.7	4.60	24.00	9.995848 -83.74441
Virtudes 2	Santa cruz	30502701	46	1	1	2	Sin nombre	6.5	2.90	9.60	9.98569 -83.74267
Rio Culebra	La suiza	30502101	48	1	1	2	Rio culebra	4.3	9.20	30.00	9.876174 -83.54752
La Fuente	Santa teresita	30503201	30	1	1	2	Rio torro	24.5	8.70	22.22	9.979367 -83.66267
El Dos	Santa teresita	30507201	33	1	1	2	Quebrada el dos	6.7	3.00	4.45	9.971744 -83.65239
Cruce con San Joaquin	Tuis	30504701	48	2	2	2	Rio cabeza de buey	19.55	3.45	N.A	9.875778 -83.54738
San Juan Bosco	Tuis	30515501	18	1	1	2	Rio cabeza de buey	9.6	3.60	10.10	9.859703 -83.55067
San Bernardo	Tayutic	30513401	40	1	1	2	Rio jicotea	9	4.30	N.A	9.811191 -83.54167
Domingo Garcia	Turrialba	30500601	25	1	1	2	Rio colorado	8.3	4.95	4.32	9.908649 -83.71411
Quebrada Grande	Turrialba	30500401	95	1	1	2	Quebrada grande	8.2	2.00	9.00	9.885337 -83.70229

Figura 85. Pestaña de información general de los 20 puentes. Autoría propia

Luego, están las pestañas relacionadas con la evaluación de los puentes (MOPT, 2007). Se dividen en 3 pestañas: accesorios, superestructura y subestructura.

En la pestaña de accesorios se tienen 5 columnas las cuales se dividen en “Puente”, “Distrito”, “Pavimento”, “Barandas” y “Juntas de expansión” (Figura 86). Las columnas de Pavimento, Barandas y Juntas de expansión poseen su respectivo rubro a evaluar junto con una calificación del 1 al 5, donde el usuario deberá anotar la calificación que considere.

Puente	Distrito	Pavimento		Barandas		Juntas de expansión	
		Tipo	Concreto	Tipo	Acero		
San Diego	Santa cruz	Ondulaciones	1	Deformación	1	Sonidos extraños	1
		Surcos	1	Oxidación	2	Filtración del agua	3
		Grietas	2	Corrosión	1	Faltante o deformación	1
		Baches	1	Faltante o ausencia	5	Movimiento vertical	1
		Sobrecapas	1			Juntas obstruidas	5
							Acero de refuerzo expuesto
					Sonidos extraños	1	
Río Lajitas 1	Santa cruz	Ondulaciones	1	No existen barandas.		Filtración del agua	2
		Surcos	1			Faltante o deformación	1
		Grietas	1			Movimiento vertical	1
		Baches	2			Juntas obstruidas	5
		Sobrecapas	1			Acero de refuerzo expuesto	1
Río Lajitas 2	Santa cruz	Ondulaciones	1	No existen barandas.		Filtración del agua	1
		Surcos	1			Faltante o deformación	1
		Grietas	1			Movimiento vertical	1
		Baches	1			Juntas obstruidas	5
		Sobrecapas	1			Acero de refuerzo expuesto	1
San Antonio	Santa cruz	Ondulaciones	1	Agrietamiento	1	Sonidos extraños	1
		Surcos	1	Acero de refuerzo	3	Filtración del agua	1
		Grietas	1			Faltante o deformación	1
		Baches	1	Faltante o ausencia	1	Movimiento vertical	1
		Sobrecapas	1			Juntas obstruidas	5
						Acero de refuerzo expuesto	1
Porosal 1	Santa cruz	Ondulaciones	1	Deformación	1	Sonidos extraños	1
		Surcos	1	Oxidación	1	Filtración del agua	1
		Grietas	1	Corrosión	1	Faltante o deformación	1
		Baches	1	Faltante o ausencia	1	Movimiento vertical	1
		Sobrecapas	5			Juntas obstruidas	5
						Acero de refuerzo expuesto	1
Porosal 2	Santa cruz	Ondulaciones	1	No existen barandas.		Sonidos extraños	1
		Surcos	1			Filtración del agua	2
		Grietas	1			Faltante o deformación	1
		Baches	1			Movimiento vertical	1
		Sobrecapas	1			Juntas obstruidas	5
Virtudes	Santa cruz	Ondulaciones	1	Deformación	1	Sonidos extraños	1
		Surcos	1	Oxidación	1	Filtración del agua	2
		Grietas	1	Corrosión	1	Faltante o deformación	1
		Baches	1	Faltante o ausencia	1	Movimiento vertical	1
		Sobrecapas	1			Juntas obstruidas	5
						Acero de refuerzo expuesto	1

Figura 86. Pestaña de accesorios de 7 puentes en la base de datos. Autoría propia.

También, se adjuntaron al lado unos diagramas de flujo que muestran los lineamientos estipulados por el MOPT en dicho Manual de Inspección de Puentes (Apéndice A). Si se desea evaluar un puente nuevo simplemente se copia la fila del Puente anterior, y se modifica según corresponda el caso (cuando varíe el material de los elementos del puente, por ejemplo: vigas de concreto a vigas de acero). Aplica de igual manera para la pestaña de superestructura (Figura 87) y subestructura (Figura 88). Las celdas con un N.A. se refieren a que no aplica el rubro en ese puente porque no se tienen dicho elemento estructural (por ejemplo, no todos los puentes poseen vigas secundarias o se conocen sus datos sobre la pintura – cuando se tienen vigas metálicas –).

Punto	Distrito	Tipo de superestructura	Losa		Vigas principales		Elementos secundarios		Pintura (elementos de acero)
			Material	Concreto reforzado	Material	Concreto reforzado	Material	Acero	
San Diego	Santa cruz	Viga simple	Grietas en 1 dirección	1	Grietas en 1 dirección	1			N.A
			Grietas en dos direcciones	1	Grietas en dos direcciones	1			
			Descascaramiento	1	Descascaramiento	1			
			Acero de refuerzo expuesto	1	Acero de refuerzo expuesto	1			
			Nidos de piedra	2	Nidos de piedra y cavidades	2			
			Eflorescencia	2	Eflorescencia	2			
			Agujeros	1	Agujeros	1			
Rio Lajas 1	Santa cruz	Viga simple	Grietas en 1 dirección	1	Grietas en 1 dirección	1			N.A
			Grietas en dos direcciones	1	Grietas en dos direcciones	1			
			Descascaramiento	1	Descascaramiento	1			
			Acero de refuerzo expuesto	1	Acero de refuerzo expuesto	1			
			Nidos de piedra	2	Nidos de piedra y cavidades	2			
			Eflorescencia	2	Eflorescencia	2			
			Agujeros	1	Agujeros	1			
Rio Lajas 2	Santa cruz	Viga simple	Grietas en 1 dirección	1	Grietas en 1 dirección	1			N.A
			Grietas en dos direcciones	1	Grietas en dos direcciones	1			
			Descascaramiento	1	Descascaramiento	1			
			Acero de refuerzo expuesto	1	Acero de refuerzo expuesto	1			
			Nidos de piedra	2	Nidos de piedra y cavidades	2			
			Eflorescencia	2	Eflorescencia	2			
			Agujeros	1	Agujeros	1			
San Antonio	Santa cruz	Viga simple	Grietas en 1 dirección	1	Grietas en 1 dirección	1			N.A
			Grietas en dos direcciones	1	Grietas en dos direcciones	1			
			Descascaramiento	1	Descascaramiento	1			
			Acero de refuerzo expuesto	1	Acero de refuerzo expuesto	1			
			Nidos de piedra	2	Nidos de piedra y cavidades	2			
			Eflorescencia	2	Eflorescencia	2			
			Agujeros	1	Agujeros	1			
Porosal 1	Santa cruz	Viga simple	Grietas en 1 dirección	1	Grietas en 1 dirección	1			N.A
			Grietas en dos direcciones	1	Grietas en dos direcciones	1			
			Descascaramiento	1	Descascaramiento	1			
			Acero de refuerzo expuesto	1	Acero de refuerzo expuesto	1			
			Nidos de piedra	2	Nidos de piedra y cavidades	2			
			Eflorescencia	2	Eflorescencia	2			
			Agujeros	1	Agujeros	1			
Porosal 2	Santa cruz	Viga simple	Grietas en 1 dirección	1	Grietas en 1 dirección	1			N.A
			Grietas en dos direcciones	1	Grietas en dos direcciones	1			
			Descascaramiento	1	Descascaramiento	1			
			Acero de refuerzo expuesto	1	Acero de refuerzo expuesto	1			
			Nidos de piedra	2	Nidos de piedra y cavidades	2			
			Eflorescencia	2	Eflorescencia	2			
			Agujeros	1	Agujeros	1			
Guayabito	Santa cruz	Viga simple	Grietas en 1 dirección	1	Grietas en 1 dirección	1			N.A
			Grietas en dos direcciones	1	Grietas en dos direcciones	1			
			Descascaramiento	1	Descascaramiento	1			
			Acero de refuerzo expuesto	1	Acero de refuerzo expuesto	1			
			Nidos de piedra	2	Nidos de piedra y cavidades	2			
			Eflorescencia	2	Eflorescencia	2			
			Agujeros	1	Agujeros	1			

Figura 87. Pestaña de superestructura de 7 puentes en la base de datos. Autoría propia.

Punto	Distrito	Apoyos		Viga cabezal y aletones		Bastiones		Pilas		Cuerpo principal	
		Tipo	Rígido	Material	Concreto reforzado	Tipo	Voladizo	Tipo	N.A	Tipo	N.A
San Diego	Santa cruz	Rotura de pernos	1	Grietas en 1 dirección	1	Grietas en 1 dirección	1			Grietas en 1 dirección	N.A
				Grietas en 2 direcciones	1	Grietas en 2 direcciones	1				
				Descascaramiento	2	Descascaramiento	2				
				Acero de refuerzo expuesto	1	Acero de refuerzo expuesto	1				
				Nidos de piedra	2	Nidos de piedra	2				
				Eflorescencia	1	Eflorescencia	1				
				Agujeros	1	Agujeros	1				
Rio Lajas 1	Santa cruz	Rotura de pernos	1	Grietas en 1 dirección	1	Grietas en 1 dirección	1			Grietas en 1 dirección	N.A
				Grietas en 2 direcciones	1	Grietas en 2 direcciones	1				
				Descascaramiento	2	Descascaramiento	2				
				Acero de refuerzo expuesto	1	Acero de refuerzo expuesto	1				
				Nidos de piedra	1	Nidos de piedra	1				
				Eflorescencia	1	Eflorescencia	1				
				Agujeros	1	Agujeros	1				
Rio Lajas 2	Santa cruz	Rotura de pernos	1	Grietas en 1 dirección	1	Grietas en 1 dirección	1			Grietas en 1 dirección	N.A
				Grietas en 2 direcciones	1	Grietas en 2 direcciones	1				
				Descascaramiento	1	Descascaramiento	1				
				Acero de refuerzo expuesto	1	Acero de refuerzo expuesto	1				
				Nidos de piedra	2	Nidos de piedra	2				
				Eflorescencia	2	Eflorescencia	2				
				Agujeros	1	Agujeros	1				
San Antonio	Santa cruz	Rotura de pernos	1	Grietas en 1 dirección	1	Grietas en 1 dirección	1			Grietas en 1 dirección	N.A
				Grietas en 2 direcciones	1	Grietas en 2 direcciones	1				
				Descascaramiento	2	Descascaramiento	2				
				Acero de refuerzo expuesto	1	Acero de refuerzo expuesto	1				
				Nidos de piedra	1	Nidos de piedra	1				
				Eflorescencia	1	Eflorescencia	1				
				Agujeros	1	Agujeros	1				

Figura 88. Pestaña de subestructura de 4 puentes en la base de datos. Autoría propia.

Una vez evaluadas las estructuras se pasa a la pestaña de los indicadores (Figura 89). En ella se tienen los dos indicadores se utilizaron (Ortiz et al, 2020) para la priorización de las 20 estructuras.

En el caso del indicador de la condición estructural (BCI) se debe colocar la calificación más alta dada en cada rubro de la evaluación hecha anteriormente para los accesorios, la superestructura y la subestructura, es decir, el BCI Accesorios, BCI Superestructura y BCI Subestructura. El BCI Total se calcula solo mediante Excel. Para la condición socioeconómica, se debe escoger digital el IVTS y calcula la importancia

socioeconómica inmediatamente, de igual manera sucede con la clasificación de ruta con su importancia de la ruta, para obtener el índice SoEc.

Puente	Distrito	Cond. Estructural				Cond. Socioeconómica				SoEc	Priorización integral de ambos indicadores
		BCI Accesorios	BCI Superestructura	BCI Subestructura	BCI Total	IVTS	Importancia socioeconómica	Clasificación de ruta	Importancia de ruta		
San Diego	Santa cruz	5	2	2	2.15	35	2	B	4	3.00	2.575
Rio Lajitas 1	Santa cruz	5	4	4	4.05	94	5	B	4	4.50	4.275
Rio Lajitas 2	Santa cruz	5	2	2	2.15	94	5	B	4	4.50	3.325
San Antonio	Santa cruz	5	5	4	4.50	80	4	B	4	4.00	4.250
Porosal 1	Santa cruz	5	3	3	3.10	69	3	B	4	3.50	3.300
Porosal 2	Santa cruz	5	2	2	2.15	44	2	B	4	3.00	2.575
Guayabito	Santa cruz	3	4	5	4.45	44	2	B	4	3.00	3.725
Cruce con San Antonio	Santa cruz	5	2	3	2.65	94	5	B	4	4.50	3.575
Bonillita	Santa cruz	5	4	3	3.55	94	5	B	4	4.50	4.025
Arca de Noe	Santa cruz	5	2	5	3.65	94	5	A	5	5.00	4.325
Virtudes	Santa cruz	5	2	5	3.65	75	4	B	4	4.00	3.625
Virtudes 2	Santa cruz	5	3	3	3.10	69	4	B	4	4.00	3.550
Rio Culebra	Tuis	3	1	1	1.10	80	4	B2	2	3.00	2.050
La Fuente	Santa teresita	3	1	1	1.10	79	4	B2	2	3.00	2.050
El Dos	Santa teresita	1	5	2	3.30	58	3	B2	2	2.50	2.900
Cruce con San Joaquin	Tuis	5	3	3	3.10	84	4	B1	3	3.50	3.300
San Juan Bosco	Tuis	5	2	5	3.65	34	2	B1	3	2.50	3.075
San Bernardo	Tayutic	3	3	5	4.00	39	2	B	4	3.00	3.500
Domingo Garcia	Turrialba	5	2	3	2.65	54	3	A	5	4.00	3.325
Quebrada Grande	Turrialba	3	4	1	2.45	79	4	A	5	4.50	3.475

Figura 89. Escala de priorización para los 20 puentes. Autoría propia.

Listos los dos valores de indicadores, se obtiene una ponderación integral para el puente. La cual muestra la condición real del mismo, con una escala ya establecida (Figura 90).

Escala de priorización	
Deficiente	4-5
Insatisfactorio	3-4
Aceptable	2-3
Satisfactorio	1-2

Figura 90. Escala de priorización para los 20 puentes. Adaptado de (Ortíz et al, 2020)

Por último, se encuentra la pestaña de gráficos (Figura 37, 38 y 39), que muestra la relación que existe entre los puentes inspeccionados con respecto a sus daños en los accesorios, la superestructura y subestructura. Para agregar nuevos puentes al gráfico, se debe de realizar el procedimiento que se realizó en las pestañas anteriores. Se copia la fila anterior y se modifican las variables correspondientes.

# Anexos

A continuación, se muestra el anexo 1 el cual muestra la evaluación del grado en el daño de las 20 estructuras inspeccionadas, con respecto a los lineamientos estipulados en el Manual de Inspección de Puentes (MOPT, 2007).

## Anexo 1

### Puente San Diego

#### Información general

Este puente de 7m de largo posee una superestructura tipo viga-losa, no posee barandas y sus bordillos se encuentran dañados. Está ubicado en San Antonio de Santa Cruz (ver Figura A2), comunica San Antonio con los poblados del oeste, y a su vez con la ruta Nacional 230, su código de camino cantonal es 3-05-031-01. Su TPD es de 40 y su IVTS es de 35.



Figura A1. Fotografía de perfil del Puente San Diego. Autoría propia.

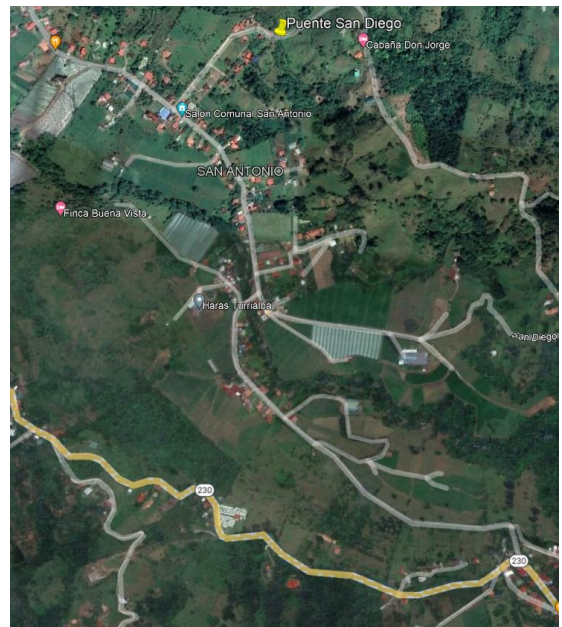


Figura A2. Ubicación geográfica del Puente San Diego. (Google, 2021).

#### Daños encontrados en los elementos

#### Accesorios

Barandas: se observó la ausencia total de las barandas adosadas en la losa de concreto.

CUADRO N°A1. GRADO DE DAÑO EN LAS BARANDAS	
Tipo	Acero
Deformación	1
Oxidación	2
Corrosión	1
Faltante o ausencia	5



Figura A3. Ausencia de la baranda. Autoría propia.

Juntas: obstruidas totalmente por la grava del camino.

<b>CUADRO N°A2. GRADO DE DAÑO EN LAS JUNTAS DE EXPANSIÓN</b>	
Sonidos extraños	1
Filtración de agua	3
Faltante o deformación	1
Movimiento vertical	1
Juntas obstruidas	5
Acero de refuerzo expuesto	1



Figura A4. Obstrucción de las juntas de expansión. Autoría propia.

### Superestructura

Losa: presenta nidos de piedra y eflorescencia en la parte inferior de la losa (Figura A5).

<b>CUADRO N°A3. GRADO DE DAÑO EN LA LOSA</b>	
--	--

Grietas en 1 dirección	1
Grietas en 2 direcciones	1
Descascaramiento	1
Acero de refuerzo expuesto	1
Nidos de piedra	2
Eflorescencia	2
Agujeros	1



Figura A5. Parte inferior de la losa. Autoría propia.

### Subestructura

Bastiones: se observan ambos bastiones con manchas blancas en el cuerpo principal y socavados hasta las fundaciones (Figura A6 y A7). Presencia de vegetación en el B2, se adhirieron las raíces de un árbol (Figura A7).

<b>CUADRO N°A4. GRADO DE DAÑO EN LOS BASTIONES</b>	
Grietas en 1 dirección	1
Grietas en 2 direcciones	1
Descascaramiento	1
Acero de refuerzo expuesto	1
Nidos de piedra	2
Eflorescencia	2
Perdida del talud de protección	1
Inclinación	1
Socavación de la fundación	5



Figura A6. Socavación en el bastión B1. Autoría propia.



Figura A7. Vista del bastión B2. Autoría propia.

## Puente Río Lajitas 1

### Información general

Este puente de 8.3m de largo posee una superestructura tipo viga-losa, no posee barandas y sus bordillos se encuentran dañados (acero de refuerzo expuesto). Está ubicado en la localidad de Torito, Santa Cruz (ver Figura A9), comunica los poblados del oeste con la ruta Nacional 230 y también con Guayabo (perteneciente al distrito de Santa Teresita). Su código de camino cantonal es 3-05-077-04. Posee un TPD de 80 y su IVTS es de 35.



Figura A8. Fotografía de perfil del Puente San Diego. Autoría propia.

### Información socioeconómica

Al ser eje conector y tener proyectos turísticos y agrícolas, se clasificó como categoría B y su índice de viabilidad técnico social es de 35.

<b>CUADRO N°A5. INFORMACIÓN SOBRE CONDICIÓN SOCIOECONÓMICA</b>	
Clasificación de la ruta	B
IVTS	35

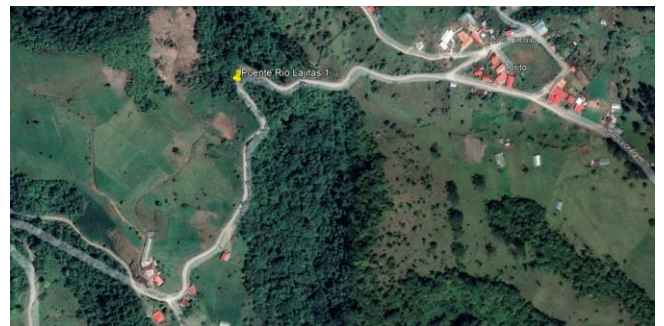


Figura A9. Ubicación geográfica del Puente Río Lajitas 1. (Google, 2021).

## Daños encontrados en los elementos

### Accesorios

Barandas: se observó la ausencia total de las barandas. No hay rastro de que hayan estado adosadas o empotradas en el bordillo.

CUADRO N°A6. GRADO DE DAÑO EN LAS BARANDAS	
Tipo	No aplica
Deformación	1
Oxidación	1
Corrosión	1
Faltante o ausencia	5



Figura A10. Ausencia de la baranda. Autoría propia.

Juntas: obstruidas totalmente por la grava del camino.

CUADRO N°A7. GRADO DE DAÑO EN LAS JUNTAS DE EXPANSIÓN	
Sonidos extraños	1
Filtración de agua	2
Faltante o deformación	1
Movimiento vertical	1
Juntas obstruidas	5
Acero de refuerzo expuesto	1



Figura A11. Obstrucción de las juntas de expansión. Autoría propia.

### Superestructura

Losa: presencia de humedad y eflorescencia en la parte inferior de la losa (Figura A12).

CUADRO N°A8. GRADO DE DAÑO EN LA LOSA	
Grietas en 1 dirección	1
Grietas en 2 direcciones	1
Descascaramiento	1
Acero de refuerzo expuesto	1
Nidos de piedra	2
Eflorescencia	2
Agujeros	1



Figura A12. Vista inferior de la losa. Autoría propia.

Vigas principales: se tienen 4 vigas principales de acero, las cuales están oxidadas y corroídas en sus extremos (Figura A13) y en otras zonas de esta (Figura A14).

CUADRO N°A9. GRADO DE DAÑO EN LAS VIGAS PRINCIPALES	
Material	Acero
Tipo	Perfil W
Oxidación	4
Corrosión	4
Deformación	1
Perdida de pernos	1
Grietas en la soldadura o placa	1



Figura A13. Acercamiento del extremo de las vigas principales. Autoría propia.



Figura A14. Oxidación y corrosión de las vigas principales. Autoría propia.

Vigas secundarias: se tienen 4 arriostres de acero, las cuales están en las mismas condiciones de las vigas principales (Figura A12).

CUADRO N°A10. GRADO DE DAÑO EN LAS VIGAS SECUNDARIAS	
Material	Acero
Tipo	Perfil W
Oxidación	4
Corrosión	4
Deformación	1
Perdida de pernos	1
Grietas en la soldadura o placa	1

### Subestructura

Viga cabezal y aletones: los aletones presentan grietas, nidos de piedra y descascaramiento del concreto (Figura A15).

CUADRO N°A11. GRADO DE DAÑO EN VIGA CABEZAL Y ALETONES	
Material	Concreto reforzado
Grietas en 1 dirección	1
Grietas en 2 direcciones	1
Descascaramiento	2
Acero de refuerzo expuesto	1
Nidos de piedra	2
Eflorescencia	1
Protección del talud	1



Figura A15. Aletón derecho del bastión B1. Autoría propia.

Bastiones: se observan ambos bastiones con manchas blancas en el cuerpo principal y el B1 socavado hasta la fundación (Figura A15 y A16).

<b>CUADRO N°A12. GRADO DE DAÑO EN LOS BASTIONES</b>	
Grietas en 1 dirección	1
Grietas en 2 direcciones	1
Descascaramiento	2
Acero de refuerzo expuesto	1
Nidos de piedra	2
Eflorescencia	2
Perdida del talud de protección	1
Inclinación	1
Socavación de la fundación	4



Figura A16. Bastión B2. Autoría propia.

### Información socioeconómica

Al ser eje conector y tener proyectos turísticos y agrícolas, se clasificó como categoría B y su índice de viabilidad técnico social es de 94.

<b>CUADRO N°A13. INFORMACIÓN SOBRE CONDICIÓN SOCIOECONÓMICA</b>	
Clasificación de la ruta	B
IVTS	94

## Puente Río Lajitas 2

### Información general

Este puente de 7.3m de largo posee una superestructura tipo viga-losa, no posee barandas y sus bordillos se encuentran dañados (acero de refuerzo expuesto). Está ubicado en la localidad de Torito, Santa Cruz (ver Figura A18),

comunica el último poblado del oeste (Bonilla Arriba) con la ruta Nacional 230 y también con Guayabo (perteneciente al distrito de Santa Teresita). Su código de camino cantonal es 3-05-077-05. Posee un TPD de 45 y su IVTS es de 94.



Figura A17. Fotografía de perfil del Puente Río Lajitas 2. Autoría propia.

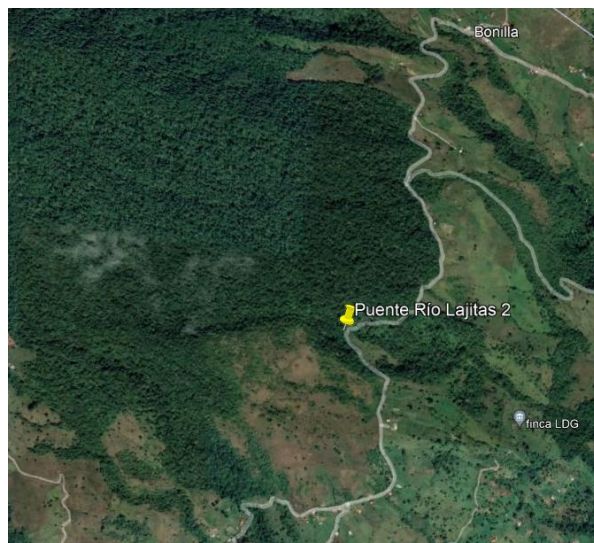


Figura A18. Ubicación geográfica del Puente Río Lajitas 2. (Google, 2021).

### Daños encontrados en los elementos

#### Accesorios

**Barandas:** se observó la ausencia total de las barandas. No hay rastro de que hayan estado adosadas o empotradas en el bordillo. Además, el bordillo izquierdo presenta una pérdida de su sección del 40%.

CUADRO N°A14. GRADO DE DAÑO EN LAS BARANDAS	
Tipo	No aplica
Deformación	1
Oxidación	1
Corrosión	1
Faltante o ausencia	5



Figura A19. Ausencia de la baranda. Autoría propia.

Juntas: obstruidas totalmente por la grava del camino.

CUADRO N°A15. GRADO DE DAÑO EN LAS JUNTAS DE EXPANSIÓN	
Sonidos extraños	1
Filtración de agua	1
Faltante o deformación	1
Movimiento vertical	1
Juntas obstruidas	5
Acero de refuerzo expuesto	1



Figura A20. Obstrucción de las juntas de expansión. Autoría propia.

### Superestructura

Losa: presencia de humedad y eflorescencia en la parte inferior de la losa (Figura A21).

CUADRO N°A16. GRADO DE DAÑO EN LA LOSA	
Grietas en 1 dirección	1
Grietas en 2 direcciones	1
Descascaramiento	1
Acero de refuerzo expuesto	1
Nidos de piedra	2
Eflorescencia	2
Agujeros	1



Figura A21. Vista inferior de parte de la losa. Autoría propia.

## Subestructura

Viga cabezal y aletones: los aletones presentan humedad, y algunas grietas (Figura A17 y A21).

CUADRO N°A17. GRADO DE DAÑO EN VIGA CABEZAL Y ALETONES	
Material	Concreto reforzado
Grietas en 1 dirección	2
Grietas en 2 direcciones	1
Descascaramiento	1
Acero de refuerzo expuesto	1
Nidos de piedra	2
Eflorescencia	2
Protección del talud	1

Bastiones: se observan ambos bastiones con manchas blancas en el cuerpo principal y 4 nidos de piedras (Figura).

CUADRO N°A18. GRADO DE DAÑO EN LOS BASTIONES	
Grietas en 1 dirección	2
Grietas en 2 direcciones	1
Descascaramiento	1
Acero de refuerzo expuesto	1
Nidos de piedra	2
Eflorescencia	2
Perdida del talud de protección	1
Inclinación	1
Socavación de la fundación	1



Figura A22. Vista del bastión B2. Autoría propia.

## Información socioeconómica

Al ser eje conector y tener proyectos turísticos y agrícolas, se clasificó como categoría B y su índice de viabilidad técnico social es de 94.

CUADRO N°A19. INFORMACIÓN SOBRE CONDICIÓN SOCIOECONÓMICA	
Clasificación de la ruta	B
IVTS	94

## Puente San Antonio

### Información general

Este puente de 10.2m de largo posee una superestructura tipo viga simple, compuesta por dos vigas de concreto reforzado que soportan la losa. Además, cuenta con barandas vehiculares de concreto reforzado. Está ubicado en la localidad de San Antonio, Santa Cruz (ver Figura A9), comunica los poblados del oeste con la ruta Nacional 230 y también con Guayabo (perteneciente al distrito de Santa Teresita). Su código de camino cantonal es 3-05-030-01. Posee un TPD de 99 y su IVTS es de 80.



Figura A23. Fotografía de perfil del Puente San Antonio. Autoría propia.



Figura A24. Ubicación geográfica del Puente San Antonio. (Google, 2021).

**Daños encontrados en los elementos**

**Accesorios**

Barandas: se observaron algunas partes con descascaramiento del concreto y otras con indicios de aros de refuerzo expuestos (Figura 25 y 26).



Figura A26. Daños en las barandas. Autoría propia.

Juntas: no se aprecian. Se encuentran obstruidas por el asfalto.

CUADRO N°A20. GRADO DE DAÑO EN LAS BARANDAS	
Tipo	No aplica
Deformación	1
Oxidación	1
Corrosión	1
Faltante o ausencia	5

CUADRO N°A21. GRADO DE DAÑO EN LAS JUNTAS DE EXPANSIÓN	
Sonidos extraños	1
Filtración de agua	1
Faltante o deformación	1
Movimiento vertical	1
Juntas obstruidas	5
Acero de refuerzo expuesto	1



Figura A25. Daños en las barandas. Autoría propia.



Figura A27. Obstrucción de las juntas de expansión. Autoría propia.

### Superestructura

Losa: presencia de humedad y eflorescencia en la parte inferior de la losa (Figura A28).

CUADRO N°A22. GRADO DE DAÑO EN LA LOSA	
Grietas en 1 dirección	1
Grietas en 2 direcciones	1
Descascaramiento	1
Acero de refuerzo expuesto	1
Nidos de piedra	2
Eflorescencia	2
Agujeros	1



Figura A28. Vista inferior de parte de la losa. Autoría propia.

Vigas principales: se tienen 2 vigas principales de concreto reforzado, las cuales están en muy mal estado. Poseen acero de refuerzo expuesto, oxidado y corroído. Sin dejar de lado los nidos de piedra y descascaramiento del concreto (Figura A29 y A30)

CUADRO N°A23. GRADO DE DAÑO EN LAS VIGAS PRINCIPALES	
Material	Concreto reforzado
Tipo	Rectangular
Oxidación	4
Corrosión	4
Deformación	1
Perdida de pernos	1
Grietas en la soldadura o placa	1



Figura A29. Daños en las vigas principales. Autoría propia.

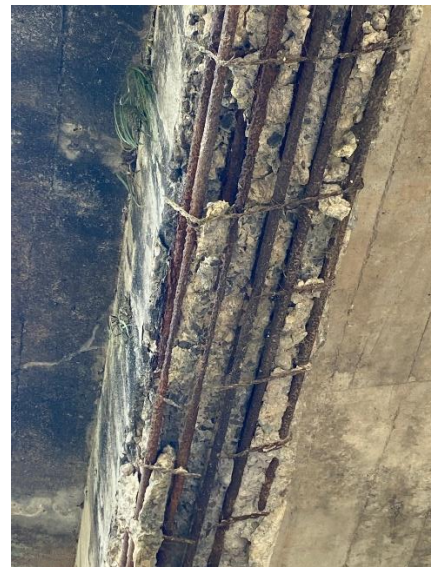


Figura A30. Oxidación y corrosión de las vigas principales. Autoría propia.

## Subestructura

Viga cabezal y aletones: los aletones presentan bastante humedad.

CUADRO N°A23. GRADO DE DAÑO EN VIGA CABEZAL Y ALETONES	
Material	Concreto reforzado
Grietas en 1 dirección	1
Grietas en 2 direcciones	1
Descascaramiento	2
Acero de refuerzo expuesto	1
Nidos de piedra	1
Eflorescencia	1
Protección del talud	1



Figura A31. Bastión B2. Autoría propia.

Bastiones: se observan ambos bastiones con manchas blancas y descascaramiento del concreto en el cuerpo principal, ambos socavados hasta la fundación (Figura A31 y A32),

CUADRO N°A24. GRADO DE DAÑO EN LOS BASTIONES	
Grietas en 1 dirección	1
Grietas en 2 direcciones	1
Descascaramiento	2
Acero de refuerzo expuesto	1
Nidos de piedra	2
Eflorescencia	2
Perdida del talud de protección	1
Inclinación	1
Socavación de la fundación	4



Figura A32. Bastión B1. Autoría propia.

## Información socioeconómica

Al ser eje conector y tener proyectos turísticos y agrícolas, se clasificó como categoría B y su índice de viabilidad técnico social es de 94.

CUADRO N°A25. INFORMACIÓN SOBRE CONDICIÓN SOCIOECONÓMICA	
Clasificación de la ruta	B
IVTS	80

## Puente Porosal 1

### Información general

Este puente de 6.2m de largo posee una superestructura viga simple, tipo viga losa. Tiene una amplitud de losa apoyada sobre el lado izquierdo de los aletones. Además, cuenta con barandas vehiculares de acero. Está ubicado en la localidad de La Pastora, Santa Cruz (Figura A34), comunica los poblados de La Pastora centro con la ruta Nacional 230 y también con la carretera que comunica al PN Volcán Turrialba. Su código de camino cantonal es 3-05-118-02. Posee un TPD de 65 y su IVTS es de 69.



Figura A33. Fotografía de perfil del Puente Porosal 1. Autoría propia.



Figura A27. Obstrucción de las juntas de expansión. Autoría propia.

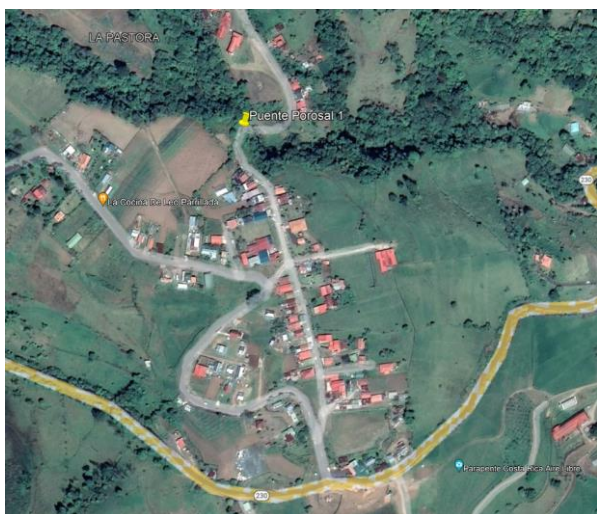


Figura A34. Ubicación geográfica del Puente Porosal 1. (Google, 2021).

### Superestructura

Losa: presencia de humedad y eflorescencia en la parte inferior de la losa, con algunos nidos de piedra (Figura A28).

CUADRO N°A27. GRADO DE DAÑO EN LA LOSA	
Grietas en 1 dirección	2
Grietas en 2 direcciones	1
Descascaramiento	2
Acero de refuerzo expuesto	1
Nidos de piedra	3
Eflorescencia	2
Agujeros	1

### Daños encontrados en los elementos

#### Accesorios

Juntas: no se aprecian. Se encuentran obstruidas por el lastre del camino.

CUADRO N°A26. GRADO DE DAÑO EN LAS JUNTAS DE EXPANSIÓN	
Sonidos extraños	1
Filtración de agua	1
Faltante o deformación	1
Movimiento vertical	1
Juntas obstruidas	5
Acero de refuerzo expuesto	1



Figura A35. Vista inferior de la losa. Autoría propia.

### Subestructura

Viga cabezal y aletones: los aletones presentan bastante humedad y algunos descascaramientos del concreto y grietas (Figura A36).

CUADRO N°A28. GRADO DE DAÑO EN VIGA CABEZAL Y ALETONES	
Material	Concreto reforzado
Grietas en 1 dirección	2
Grietas en 2 direcciones	1
Descascaramiento	2
Acero de refuerzo expuesto	1
Nidos de piedra	2
Eflorescencia	2
Protección del talud	1



Figura A36. Bastión B2. Autoría propia.

Bastiones: se observan ambos bastiones con manchas blancas y descascaramiento del concreto en el cuerpo principal, ambos socavados hasta la fundación, con unos leves rellenos de concreto ciclópeo como solución a corto plazo (Figura A36 y A37).

### CUADRO N°A29. GRADO DE DAÑO EN LOS BASTIONES

Grietas en 1 dirección	1
Grietas en 2 direcciones	1
Descascaramiento	2
Acero de refuerzo expuesto	1
Nidos de piedra	2
Eflorescencia	2
Perdida del talud de protección	1
Inclinación	1
Socavación de la fundación	3



Figura A37. Bastión B1. Autoría propia.

## Información socioeconómica

Al ser eje conector y tener proyectos turísticos y agrícolas, se clasificó como categoría B y su índice de viabilidad técnico social es de 69.

CUADRO N°A30. INFORMACIÓN SOBRE CONDICIÓN SOCIOECONÓMICA	
Clasificación de la ruta	B
IVTS	69

## Puente Porosal 2

### Información general

Este puente de 6.1m de largo posee una superestructura viga simple, tipo viga losa. No cuenta con barandas, solo bordillos. Está ubicado en la localidad de La Pastora, Santa Cruz (Figura A39), comunica los poblados de La Pastora centro con la ruta Nacional 230 y también con la carretera que comunica al PN Volcán Turrialba. Su código de camino cantonal es 3-05-118-01. Posee un TPD de 65 y su IVTS es de 44.



Figura A38. Fotografía de perfil del Puente Porosal 2. Autoría propia.

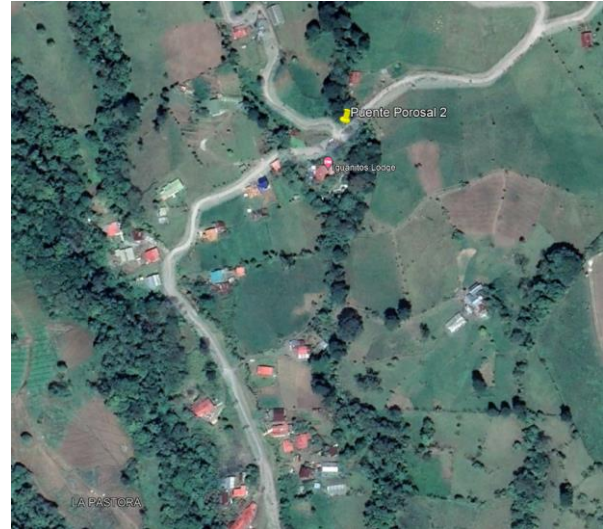


Figura A39. Ubicación geográfica del Puente Porosal 1. (Google, 2021).

### Daños encontrados en los elementos

#### Accesorios

Juntas: no se aprecian. Se encuentran obstruidas por el lastre del camino.

#### CUADRO N°A31. GRADO DE DAÑO EN LAS JUNTAS DE EXPANSIÓN

Sonidos extraños	1
Filtración de agua	1
Faltante o deformación	1
Movimiento vertical	1
Juntas obstruidas	5
Acero de refuerzo expuesto	1



Figura A40. Obstrucción de las juntas de expansión. Autoría propia.

## Superestructura

Losa: presencia de humedad y eflorescencia en la parte inferior de la losa, con algunos nidos de piedra (Figura A41).

CUADRO N°A32. GRADO DE DAÑO EN LA LOSA	
Grietas en 1 dirección	1
Grietas en 2 direcciones	1
Descascaramiento	1
Acero de refuerzo expuesto	1
Nidos de piedra	2
Eflorescencia	2
Agujeros	1



Figura A41. Vista inferior de la losa. Autoría propia.

## Subestructura

Viga cabezal y aletones: los aletones presentan bastante humedad y algunos descascaramientos del concreto y grietas (Figura A38).

CUADRO N°A33. GRADO DE DAÑO EN VIGA CABEZAL Y ALETONES	
Material	Concreto reforzado
Grietas en 1 dirección	1
Grietas en 2 direcciones	1
Descascaramiento	2
Acero de refuerzo expuesto	1
Nidos de piedra	1
Eflorescencia	2
Protección del talud	1



Figura A42. Bastión B2. Autoría propia.

Bastiones: ambos bastiones presentaron gran humedad y manchas blancas. El B2 presentó inicios de descascaramiento (Figura A42).

CUADRO N°A34. GRADO DE DAÑO EN LOS BASTIONES	
Grietas en 1 dirección	1
Grietas en 2 direcciones	1
Descascaramiento	2
Acero de refuerzo expuesto	1
Nidos de piedra	1
Eflorescencia	2
Perdida del talud de protección	1
Inclinación	1
Socavación de la fundación	1



Figura A43. Bastión B1. Autoría propia.

## Información socioeconómica

Al ser eje conector y tener proyectos turísticos y agrícolas, se clasificó como categoría B y su índice de viabilidad técnico social es de 44.

<b>CUADRO N°A35. INFORMACIÓN SOBRE CONDICIÓN SOCIOECONÓMICA</b>	
Clasificación de la ruta	B
IVTS	44

## Puente Guayabito

### Información general

Este puente de 12.45m de largo posee una superestructura viga simple, compuesta por 4 vigas de acero. Cuenta con barandas vehiculares adosadas en la losa. Está ubicado en la localidad de Guayabito, Santa Cruz (Figura A39), comunica los poblados del oeste del distrito con la ruta Nacional 230. Su código de camino cantonal es 3-05-077-03. Posee un TPD de 183 y su IVTS es de 44.



Figura A44. Fotografía de perfil del Puente Guayabito. Autoría propia.

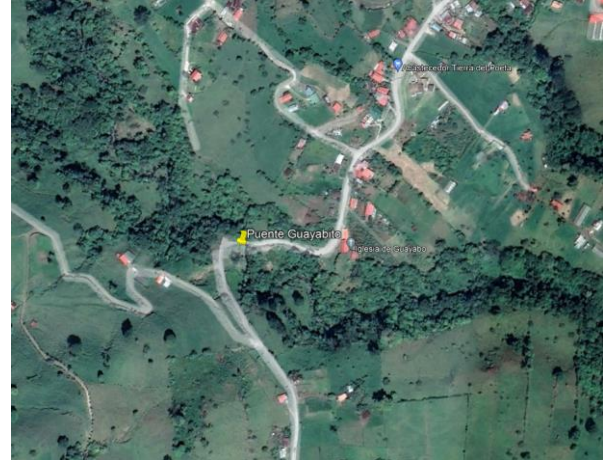


Figura A45. Ubicación geográfica del Puente Guayabito. (Google, 2021).

### Daños encontrados en los elementos

#### Accesorios

Juntas: se aprecian abiertas, pero levemente obstruidas por el lastre del camino (Figura A46 y A47).

<b>CUADRO N°A36. GRADO DE DAÑO EN LAS JUNTAS DE EXPANSIÓN</b>	
Sonidos extraños	1
Filtración de agua	2
Faltante o deformación	1
Movimiento vertical	1
Juntas obstruidas	3
Acero de refuerzo expuesto	1



Figura A46. Obstrucción de la J1 de expansión. Autoría propia.



Figura A47. Obstrucción de la J2 de expansión. Autoría propia.

### Superestructura

Losa: presencia de humedad y eflorescencia en la parte inferior de la losa (Figura A46).

CUADRO N°A37. GRADO DE DAÑO EN LA LOSA	
Grietas en 1 dirección	1
Grietas en 2 direcciones	1
Descascaramiento	1
Acero de refuerzo expuesto	1
Nidos de piedra	1
Eflorescencia	2
Agujeros	1



Figura A46. Vista inferior de la losa. Autoría propia.

Vigas principales: se tienen 4 vigas principales de acero, las cuales están oxidadas y corroídas (Figura A47).

CUADRO N°A38. GRADO DE DAÑO EN LAS VIGAS PRINCIPALES	
Material	Acero
Tipo	Perfil W
Oxidación	2
Corrosión	4
Deformación	1
Perdida de pernos	1
Grietas en la soldadura o placa	1



Figura A47. Acercamiento de las vigas principales. Autoría propia.



Figura A48. Oxidación y corrosión de las vigas principales. Autoría propia.



Figura A49. Bastión B2. Autoría propia.

Vigas secundarias: se tienen 3 arriostres formados por angulares de acero, los cuales están en las mismas condiciones de las vigas principales (Figura A47 y A48).

Bastiones: ambos bastiones presentaron gran humedad y manchas blancas. Además, gran daño debido a la socavación en sus fundaciones (Figura A49 y A50).

<b>CUADRO N°A39. GRADO DE DAÑO EN LAS VIGAS SECUNDARIAS</b>	
Material	Acero
Tipo	Perfil W
Oxidación	2
Corrosión	4
Deformación	1
Perdida de pernos	1
Grietas en la soldadura o placa	1

<b>CUADRO N°A41. GRADO DE DAÑO EN LOS BASTIONES</b>	
Grietas en 1 dirección	1
Grietas en 2 direcciones	1
Descascaramiento	1
Acero de refuerzo expuesto	1
Nidos de piedra	1
Eflorescencia	2
Perdida del talud de protección	1
Inclinación	1
Socavación de la fundación	5

### Subestructura

Viga cabezal y aletones: los aletones presentan bastante humedad y manchas blancas (Figura A49).

<b>CUADRO N°A40. GRADO DE DAÑO EN VIGA CABEZAL Y ALETONES</b>	
Material	Concreto reforzado
Grietas en 1 dirección	1
Grietas en 2 direcciones	1
Descascaramiento	1
Acero de refuerzo expuesto	1
Nidos de piedra	1
Eflorescencia	2
Protección del talud	1



Figura A50. Bastión B1. Autoría propia.

## Información socioeconómica

Al ser eje conector y tener proyectos turísticos y agrícolas, se clasificó como categoría B y su índice de viabilidad técnico social es de 44.

CUADRO N°A42. INFORMACIÓN SOBRE CONDICIÓN SOCIOECONÓMICA	
Clasificación de la ruta	B
IVTS	44

## Alcantarilla Cruce con San Antonio

### Información general

Esta alcantarilla de 5m de largo posee una sola celda. Cuenta con barandas vehiculares empotradas en la losa. Está ubicada en la localidad de San Antonio, Santa Cruz (Figura A39), comunica los poblados del oeste del distrito con la ruta Nacional 230. Su código de camino cantonal es 3-05-077-02. Posee un TPD de 183 y su IVTS es de 94.



Figura A51. Fotografía de perfil de la alcantarilla Cruce con San Antonio. Autoría propia.

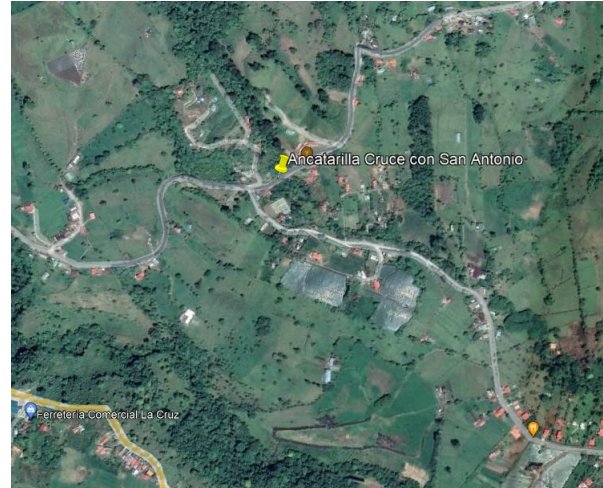


Figura A52. Ubicación geográfica de la alcantarilla Cruce con San Antonio. (Google, 2021).

### Daños encontrados en los elementos

#### Accesorios

Pavimento: se observó una sobrecapa de asfalto de 3cm aproximadamente (Figura A53).



Figura A53. Acercamiento de la sobrecapa de asfalto en la alcantarilla Cruce con San Antonio. Autoría propia.

Juntas: no se aprecian. Se encuentran obstruidas totalmente por el concreto asfáltico (Figura A54).

#### CUADRO N°A43. GRADO DE DAÑO EN LAS JUNTAS DE EXPANSIÓN

Sonidos extraños	1
Filtración de agua	1
Faltante o deformación	1
Movimiento vertical	1
Juntas obstruidas	5
Acero de refuerzo expuesto	1



Figura A54. Obstrucción de las juntas de expansión. Autoría propia.



Figura A55. Bastión B2. Autoría propia.

### Superestructura

Losa: presencia de humedad y eflorescencia en la parte inferior de la losa (Figura A55 y A56).

CUADRO N°A44. GRADO DE DAÑO EN LA LOSA	
Grietas en 1 dirección	1
Grietas en 2 direcciones	1
Descascaramiento	1
Acero de refuerzo expuesto	1
Nidos de piedra	1
Eflorescencia	2
Agujeros	1

### Subestructura

Viga cabezal y aletones: el aletón izquierdo del cabezal de entrada posee gran humedad y algunas manchas blancas. Es el único aletón que poseen los cabezales de la alcantarilla en cuestión (Figura A56).

CUADRO N°A45. GRADO DE DAÑO EN VIGA CABEZAL Y ALETONES	
Material	Concreto reforzado
Grietas en 1 dirección	1
Grietas en 2 direcciones	1
Descascaramiento	1
Acero de refuerzo expuesto	1
Nidos de piedra	1
Eflorescencia	1
Protección del talud	3

Bastiones: ambos bastiones presentaron gran humedad y manchas blancas. También indicios de nidos de piedra y descascaramiento del concreto (Figura A55 y A56).

CUADRO N°A46. GRADO DE DAÑO EN LOS BASTIONES	
Grietas en 1 dirección	1
Grietas en 2 direcciones	1
Descascaramiento	2
Acero de refuerzo expuesto	1
Nidos de piedra	2
Eflorescencia	2
Perdida del talud de protección	1
Inclinación	1
Socavación de la fundación	1



Figura A56. Bastión B1. Autoría propia.

### Información socioeconómica

Al ser eje conector y tener proyectos turísticos y agrícolas, se clasificó como categoría B y su índice de viabilidad técnico social es de 94.

<b>CUADRO N°A47. INFORMACIÓN SOBRE CONDICIÓN SOCIOECONÓMICA</b>	
Clasificación de la ruta	B
IVTS	94

## Puente Bonillita

### Información general

Este puente de 11.5m de largo no cuenta con barandas vehiculares, solo bordillos. Posee una superestructura viga simple con dos vigas de acero que soportan la losa. Está ubicado en la localidad de Bonilla, Santa Cruz (Figura A58), comunica Bonilla Arriba con la ruta Nacional 230. Su código de camino cantonal es 3-05-077-06. Posee un TPD de 145 y su IVTS es de 94.



Figura A57. Fotografía de perfil del Puente Bonillita Autoría propia.



Figura A58. Ubicación geográfica del Puente Bonillita. (Google, 2021).

### Daños encontrados en los elementos

#### Accesorios

Juntas: no se aprecian. Se encuentran obstruidas totalmente por el concreto de la losa de aproximación y parte del lastre del camino (Figura A59).

<b>CUADRO N°A48. GRADO DE DAÑO EN LAS JUNTAS DE EXPANSIÓN</b>	
Sonidos extraños	1
Filtración de agua	1
Faltante o deformación	1
Movimiento vertical	1
Juntas obstruidas	5
Acero de refuerzo expuesto	1



Figura A59. Obstrucción de las juntas de expansión. Autoría propia.

### Superestructura

Losa: presencia de humedad y eflorescencia en la parte inferior de la losa. Además, cuenta con

descascamiento del concreto, acero de refuerzo oxidado y expuesto, grietas en 1D y nidos de piedra (Figura A60 y A61).

<b>CUADRO N°A49. GRADO DE DAÑO EN LA LOSA</b>	
Grietas en 1 dirección	2
Grietas en 2 direcciones	1
Descascamiento	3
Acero de refuerzo expuesto	4
Nidos de piedra	2
Eflorescencia	2
Agujeros	1



Figura A60. Acero de refuerzo expuesto en la parte inferior de la losa. Autoría propia.



Figura A61. Parte inferior de la losa. Autoría propia.

Vigas principales: se tienen 2 vigas principales de acero, las cuales están oxidadas y corroídas (Figura A61).

<b>CUADRO N°A38. GRADO DE DAÑO EN LAS VIGAS PRINCIPALES</b>	
Material	Acero
Tipo	Perfil W
Oxidación	4
Corrosión	4
Deformación	1
Perdida de pernos	1
Grietas en la soldadura o placa	1



Figura A62. Acercamiento de las vigas principales. Autoría propia.

### Subestructura

Viga cabezal y aletones: los aletones del bastión 1 se encuentran con gran humedad y un poco socavados, existe descascaramiento y nidos de piedra (Figura A64).

CUADRO N°A50. GRADO DE DAÑO EN VIGA CABEZAL Y ALETONES	
Material	Concreto reforzado
Grietas en 1 dirección	1
Grietas en 2 direcciones	1
Descascaramiento	2
Acero de refuerzo expuesto	1
Nidos de piedra	2
Eflorescencia	2
Protección del talud	3



Figura A63. Bastión B2. Autoría propia.

Bastiones: el bastión 1 posee grietas en 2 direcciones (una sería que abarca todo el cuerpo principal del elemento), humedad y pérdida de su sección en el lado inferior derecho (Figura A64). El bastión 2 solo presenta mucha humedad y manchas blancas (Figura A63).

### CUADRO N°A51. GRADO DE DAÑO EN LOS BASTIONES

Grietas en 1 dirección	1
Grietas en 2 direcciones	1
Descascaramiento	2
Acero de refuerzo expuesto	1
Nidos de piedra	2
Eflorescencia	2
Perdida del talud de protección	1
Inclinación	1
Socavación de la fundación	1



Figura A64. Bastión B1. Autoría propia.

## Información socioeconómica

Al ser eje conector y tener proyectos turísticos y agrícolas, se clasificó como categoría B y su índice de viabilidad técnico social es de 94.

CUADRO N°A52. INFORMACIÓN SOBRE CONDICIÓN SOCIOECONÓMICA	
Clasificación de la ruta	B
IVTS	94

## Puente Arca de Noe

### Información general

Este puente de 9.2m de largo cuenta con barandas vehiculares empotradas en los bordillos. Posee una superestructura viga simple con cuatro vigas de concreto – tipo canaleta – que soportan la losa. Está ubicado en la localidad de Santa Cruz centro (Figura A66), comunica Nacional 230 con los poblados del oeste más alejados del distrito. Su código de camino cantonal es 3-05-077-01. Posee un TPD de 183 y su IVTS es de 94.



Figura A65. Fotografía de perfil del Puente Arca de Noe. Autoría propia.



Figura A66. Ubicación geográfica del Puente Arca de Noe. (Google, 2021).

### Daños encontrados en los elementos

#### Accesorios

Juntas: no se aprecian. Se encuentran obstruidas totalmente por el asfalto (Figura A67).

CUADRO N°A48. GRADO DE DAÑO EN LAS JUNTAS DE EXPANSIÓN	
Sonidos extraños	1
Filtración de agua	1
Faltante o deformación	1
Movimiento vertical	1
Juntas obstruidas	5
Acero de refuerzo expuesto	1



Figura A67. Obstrucción de las juntas de expansión. Autoría propia.

#### Superestructura

Vigas principales: se tienen 4 vigas principales de concreto preesforzado (tipo canaleta), presentan algunas cavidades (Figura A68).

CUADRO N°A38. GRADO DE DAÑO EN LAS VIGAS PRINCIPALES	
Material	Concreto preesforzado
Tipo	Canaleta
Grietas en 1D	1
Grietas en 2D	1
Descascaramiento	1
Acero de refuerzo expuesto	1
Nidos de piedra y cavidades	2
Eflorescencia	1



Figura A68. Acercamiento de las vigas principales. Autoría propia.

### Subestructura

Viga cabezal y aletones: los aletones presentan gran humedad en ambos bastiones (Figura A69 y A70).

CUADRO N°A50. GRADO DE DAÑO EN VIGA CABEZAL Y ALETONES	
Material	Concreto reforzado
Grietas en 1 dirección	1
Grietas en 2 direcciones	1
Descascaramiento	1
Acero de refuerzo expuesto	1
Nidos de piedra	1
Eflorescencia	2

Protección del talud	1
----------------------	---



Figura A69. Bastión B2. Autoría propia.

Bastiones: ambos bastiones están socavados en la fundación, presentan manchas blancas y humedad e inicios de descascaramiento (Figura A69 y A70).

CUADRO N°A51. GRADO DE DAÑO EN LOS BASTIONES	
Grietas en 1 dirección	1
Grietas en 2 direcciones	1
Descascaramiento	2
Acero de refuerzo expuesto	1
Nidos de piedra	2
Eflorescencia	2
Perdida del talud de protección	1
Inclinación	1
Socavación de la fundación	1



Figura A70. Bastión B1. Autoría propia.

## Información socioeconómica

Al ser eje conector y tener proyectos turísticos y agrícolas, se clasificó como categoría B y su índice de viabilidad técnico social es de 94.

CUADRO N°A52. INFORMACIÓN SOBRE CONDICIÓN SOCIOECONÓMICA	
Clasificación de la ruta	B
IVTS	94

## Puente Virtudes

### Información general

Este puente de 6.7m de largo posee una superestructura tipo viga-losa, posee barandas empotradas en los bordillos. Está ubicado en la localidad de Las Virtudes, Santa Cruz (Figura A72), comunica por un lado a la comunidad de Tapojo y por otro a la ruta nacional 230. Su código de camino cantonal es 3-05-020-01. Posee un TPD de 58 y su IVTS es de 75.



Figura A71. Fotografía de perfil del Puente Virtudes. Autoría propia.

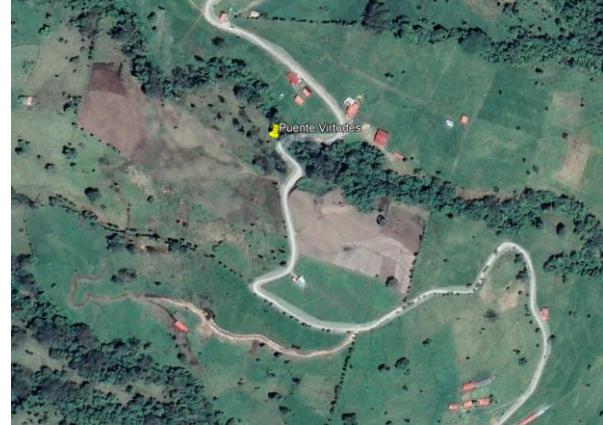


Figura A72. Ubicación geográfica del Puente Virtudes. (Google, 2021).

### Daños encontrados en los elementos

#### Accesorios

Juntas: obstruidas totalmente por la grava del camino (Figura A73).

CUADRO N°A53. GRADO DE DAÑO EN LAS JUNTAS DE EXPANSIÓN	
Sonidos extraños	1
Filtración de agua	2
Faltante o deformación	1
Movimiento vertical	1
Juntas obstruidas	5
Acero de refuerzo expuesto	1



Figura A73. Obstrucción de las juntas de expansión. Autoría propia.

## Superestructura

Losa: presencia de humedad y eflorescencia en la parte inferior de la losa. Además de un leve descascaramiento y nidos de piedra (Figura A74).

CUADRO N°A54. GRADO DE DAÑO EN LA LOSA	
Grietas en 1 dirección	1
Grietas en 2 direcciones	1
Descascaramiento	2
Acero de refuerzo expuesto	1
Nidos de piedra	2
Eflorescencia	2
Agujeros	1



Figura A74. Vista inferior de parte de la losa. Autoría propia.

descascaramiento del concreto, nidos de piedra y la sección inferior derecha del bastión B2 está socavada hasta la fundación (Figura A76).

CUADRO N°A56. GRADO DE DAÑO EN LOS BASTIONES	
Grietas en 1 dirección	1
Grietas en 2 direcciones	1
Descascaramiento	2
Acero de refuerzo expuesto	1
Nidos de piedra	2
Eflorescencia	2
Perdida del talud de protección	1
Inclinación	1
Socavación de la fundación	5



Figura A75. Vista del bastión B1. Autoría propia.

## Subestructura

Viga cabezal y aletones: los aletones presentan humedad y eflorescencia (Figura A71).

CUADRO N°A55. GRADO DE DAÑO EN VIGA CABEZAL Y ALETONES	
Material	Concreto reforzado
Grietas en 1 dirección	1
Grietas en 2 direcciones	1
Descascaramiento	1
Acero de refuerzo expuesto	1
Nidos de piedra	1
Eflorescencia	2
Protección del talud	1



Figura A76. Vista del bastión B2. Autoría propia.

Bastiones: se observan ambos bastiones con manchas blancas en el cuerpo principal,

## Información socioeconómica

Al ser eje conector y tener proyectos turísticos y agrícolas, se clasificó como categoría B y su índice de viabilidad técnico social es de 75.

CUADRO N°A57. INFORMACIÓN SOBRE CONDICIÓN SOCIOECONÓMICA	
Clasificación de la ruta	B
IVTS	75

## Puente Virtudes 2

### Información general

Este puente de 6.5m de largo posee una superestructura tipo viga-losa, este posee las barandas vehiculares deformadas y en malas condiciones. Está ubicado en la localidad de Las Virtudes, Santa Cruz (Figura A78), comunica por un lado a la comunidad de Tapojo y por otro a la ruta nacional 230. Su código de camino cantonal es 3-05-027-01. Posee un TPD de 46 y su IVTS es de 69.



Figura A77. Fotografía de perfil del Puente Virtudes 2. Autoría propia.

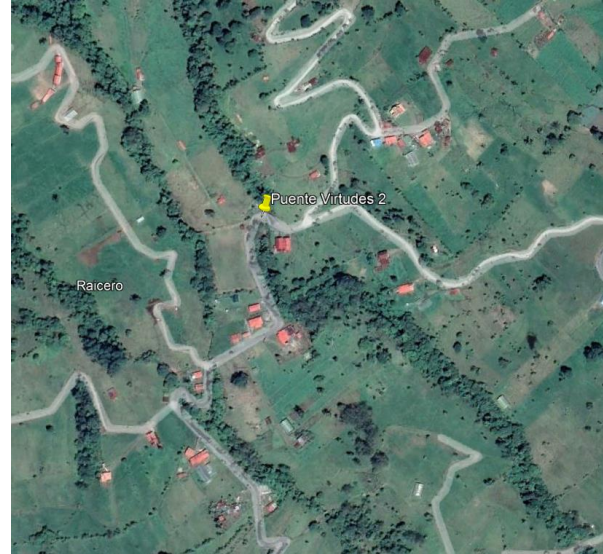


Figura A78. Ubicación geográfica del Puente Virtudes 2. (Google, 2021).

### Daños encontrados en los elementos

#### Accesorios

Barandas: las barandas están dobladas y presentan algunas secciones verticales faltantes de los tubos que la rigidizan (Figura A879).

#### CUADRO N°A76. GRADO DE DAÑO EN LAS BARANDAS

Tipo	No aplica
Deformación	2
Oxidación	1
Corrosión	2
Faltante o ausencia	3



Figura A79. Daños en las barandas vehiculares. Autoría propia.

Juntas: obstruidas totalmente por el asfalto (Figura A80).

<b>CUADRO N°A77. GRADO DE DAÑO EN LAS JUNTAS DE EXPANSIÓN</b>	
Sonidos extraños	1
Filtración de agua	2
Faltante o deformación	1
Movimiento vertical	1
Juntas obstruidas	5
Acero de refuerzo expuesto	1



Figura A80. Obstrucción de las juntas de expansión. Autoría propia.

### Superestructura

Losa: presencia de humedad y eflorescencia en la parte inferior de la losa. Además de un leve descascaramiento, agujeros y nidos de piedra (Figura A81).

<b>CUADRO N°A78. GRADO DE DAÑO EN LA LOSA</b>	
Grietas en 1 dirección	1
Grietas en 2 direcciones	1
Descascaramiento	2
Acero de refuerzo expuesto	1
Nidos de piedra	2
Eflorescencia	3
Agujeros	1



Figura A81. Vista inferior de parte de la losa. Autoría propia.

### Subestructura

Bastiones: se observan ambos bastiones con manchas blancas en el cuerpo principal, descascaramiento del concreto, nidos de piedra y una leve socavación en la fundación del bastión B2 (Figura A83).

<b>CUADRO N°A80. GRADO DE DAÑO EN LOS BASTIONES</b>	
Grietas en 1 dirección	1
Grietas en 2 direcciones	1
Descascaramiento	2
Acero de refuerzo expuesto	1
Nidos de piedra	2
Eflorescencia	2
Perdida del talud de protección	1
Inclinación	1
Socavación de la fundación	3



Figura A82. Vista del bastión B1. Autoría propia.



Figura A83. Vista del bastión B2. Autoría propia.

### Información socioeconómica

Al ser eje conector y tener proyectos turísticos y agrícolas, se clasificó como categoría B y su índice de viabilidad técnico social es de 75.

<b>CUADRO N°A81. INFORMACIÓN SOBRE CONDICIÓN SOCIOECONÓMICA</b>	
Clasificación de la ruta	B
IVTS	75

## Puente Río Culebra

Es importante resaltar que estos puentes al ser temporales no requieren de una evaluación como tal, sin embargo, se va a resumir un poco lo que se observó del mismo en la visita a campo.

### Información general

Este puente de 43m de longitud es una cercha de paso medio (tipo Puente Bailey). Está ubicado en el distrito de Tuis (Figura A85), comunica por un lado a la comunidad de Pacayitas con y por otro a la ruta nacional 414. Su código de camino cantonal es 3-05-021-01. Posee un TPD de 48 y su IVTS es de 80.



Figura A84. Fotografía del Puente Río Culebra. Autoría propia.



Figura A85. Ubicación geográfica del Puente Río Culebra. (Google, 2021).

## Daños encontrados en los elementos

### Accesorios

Juntas: la junta J1 está obstruida totalmente por material de grava del camino (Figura A84).

<b>CUADRO N°A82. GRADO DE DAÑO EN LAS JUNTAS DE EXPANSIÓN</b>	
Sonidos extraños	1
Filtración de agua	1
Faltante o deformación	1
Movimiento vertical	1
Juntas obstruidas	3
Acero de refuerzo expuesto	1

Con respecto a la superestructura y subestructura no se encontraron daños severos. En cuanto a los bastiones no se pudieron apreciar con gran claridad por la vegetación y la topografía del terreno que complicó la inspección, sin embargo, se observó que el extremo de la J2 está sobre rocas masivas (Figura A86) que no muestran fisuras o fraccionamientos de estas.



Figura A86. Vista inferior del B2. Autoría propia.

No se observó pérdida de elementos metálicos de la cercha (tanto para la parte inferior arriostres-rigidizadores, como para los elementos de protección vehicular (verticales).

Cabe resaltar que en este caso este tipo de estructuras son provisionales, es decir, no se deberían utilizar como un puente tradicional. Sin embargo, por la ubicación del lugar y su gran longitud puede funcionar de manera óptima mientras se respeten las restricciones de peso ya establecidas. Por esta razón no se adjuntaron los demás cuadros, por el tipo de puente que es.

### Información socioeconómica

Al ser eje conector y tener proyectos agrícolas, se clasificó como categoría B2 y su índice de viabilidad técnico social es de 80.

<b>CUADRO N°A83. INFORMACIÓN SOBRE CONDICIÓN SOCIOECONÓMICA</b>	
Clasificación de la ruta	B2
IVTS	80

## Puente Río Torito

### Información general

Este puente de 24.5m de largo posee una superestructura viga simple, compuesta por 4 vigas de concreto preesforzado. Cuenta con barandas vehiculares y peatonales. Está ubicado en la localidad de La Fuente, Santa Teresita (Figura A88), comunica los poblados del oeste del distrito de Santa Cruz con la ruta Nacional 415. Su código de camino cantonal es 3-05-032-01. Posee un TPD de 30 y su IVTS es de 79.



Figura A87. Fotografía longitudinal del Puente Río Torito.  
Autoría propia.



Figura A89. Fotografía de la superestructura del Puente Río Torito.  
Autoría propia.



Figura A88. Ubicación geográfica del Puente Río Torito.  
(Google, 2021).

### **Daños encontrados en los elementos**

Este es un puente relativamente nuevo (se construyó en 2018) por lo que no se observaron daños graves en el mismo. Tanto para accesorio, superestructura y subestructura. Se muestran algunas fotografías de la estructura a continuación.



Figura A90. Fotografía del bastión B1 del Puente Río Torito.  
Autoría propia.



Figura A91. Fotografía de los apoyos del Puente Río Torito. Autoría propia.



Figura A92. Fotografía de perfil del Puente El Dos. Autoría propia.

### Información socioeconómica

Al ser eje conector y tener proyectos agrícolas, se clasificó como categoría B2 y su índice de viabilidad técnico social es de 79.

CUADRO N°A84. INFORMACIÓN SOBRE CONDICIÓN SOCIOECONÓMICA	
Clasificación de la ruta	B2
IVTS	79



Figura A93. Ubicación geográfica del Puente El Dos. (Google, 2021).

## Puente El Dos

### Información general

Este puente de 6.7m de largo posee una superestructura viga simple, tipo viga losa. No cuenta con barandas ni bordillos. Está ubicado en la localidad de El Dos, Santa Teresita (Figura A93), comunica los poblados de El Seis y El Dos con la ruta Nacional 415. Su código de camino cantonal es 3-05-072-01. Posee un TPD de 33 y su IVTS es de 58.

Este puente es una mezcla entre cerchas antiguas de otro puente (que funcionan como vigas) junto con dos perfiles de acero laminado en frío (tipo "C"), troncos de madera (que funcionan como vigas secundarias) y concreto.

### Daños encontrados en los elementos

#### Accesorios

Juntas: no se aprecian. Se encuentran obstruidas por el lastre del camino (Figura A94).

CUADRO N°A85. GRADO DE DAÑO EN LAS JUNTAS DE EXPANSIÓN	
Sonidos extraños	1
Filtración de agua	1
Faltante o deformación	1
Movimiento vertical	1
Juntas obstruidas	5
Acero de refuerzo expuesto	1



Figura A94. Obstrucción de las juntas de expansión. Autoría propia.

### Superestructura

Vigas principales: se tienen 4 vigas principales de acero (dos elementos de cercha y los perfiles “c”) las cuales están oxidadas y corroídas (Figura A95).

CUADRO N°A86. GRADO DE DAÑO EN LAS VIGAS PRINCIPALES	
Material	Acero
Tipo	Perfil W
Oxidación	5
Corrosión	3
Deformación	1
Perdida de pernos	1
Grietas en la soldadura o placa	1



Figura A95. Acercamiento de las vigas principales. Autoría propia.



Figura A96. Oxidación y corrosión de las vigas principales. Autoría propia.

Vigas secundarias: posee troncos como arriostres entre cada una de las cuatro vigas principales (Figura A95).

CUADRO N°A87. GRADO DE DAÑO EN LAS VIGAS SECUNDARIAS	
Material	Acero
Tipo	Madera <sup>1</sup>
Oxidación	1
Corrosión	1
Deformación	1
Perdida de pernos	1
Grietas en la soldadura o placa	1

<sup>1</sup>Se pusieron 1 en la calificación, sin embargo, el Manual de Puentes del MOPT no posee calificaciones para la madera.

### Subestructura

Viga cabezal y aletones: los aletones presentan bastante humedad y algunos descascaramientos del concreto y grietas (Figura A97 y A98).

CUADRO N°A88. GRADO DE DAÑO EN VIGA CABEZAL Y ALETONES	
Material	Concreto reforzado
Grietas en 1 dirección	1
Grietas en 2 direcciones	1
Descascaramiento	2
Acero de refuerzo expuesto	1
Nidos de piedra	1
Eflorescencia	1
Protección del talud	1



Figura A97. Bastión B2. Autoría propia.



Figura A99. Nido de piedra en Bastión B2. Autoría propia.

**Bastiones:** ambos bastiones presentaron gran humedad y manchas blancas. El B2 presentó inicios de descascaramiento (Figura A97).

<b>CUADRO N°A89. GRADO DE DAÑO EN LOS BASTIONES</b>	
Grietas en 1 dirección	1
Grietas en 2 direcciones	1
Descascaramiento	2
Acero de refuerzo expuesto	1
Nidos de piedra	2
Eflorescencia	2
Perdida del talud de protección	1
Inclinación	1
Socavación de la fundación	1



Figura A98. Bastión B1. Autoría propia.

### Información socioeconómica

Al ser eje conector y tener proyectos agrícolas, se clasificó como categoría B2 y su índice de viabilidad técnico social es de 58.

<b>CUADRO N°A90. INFORMACIÓN SOBRE CONDICIÓN SOCIOECONÓMICA</b>	
Clasificación de la ruta	B2
IVTS	58

### Puente Cruce con San Joaquín

#### Información general

Este puente de 19.5m de largo cuenta con barandas vehiculares adosadas en la losa. Posee dos tramos y dos superestructuras viga simple. En un tramo se tienen tres vigas principales sobre la losa y en el otro solo dos vigas. Está ubicado en el distrito de Tuis, muy cerca de puente Río Culebra (Figura A101), comunica Bonilla Arriba con la ruta Nacional 230. Su código de camino cantonal es 3-05-047-01. Posee un TPD de 48 y su IVTS es de 84.



Figura A100. Fotografía de perfil del Puente Cruce con San Joaquín. Autoría propia.



Figura A101. Ubicación geográfica del Puente Cruce con San Joaquín. (Google, 2021).

### Daños encontrados en los elementos

#### Accesorios

Juntas: no se aprecian. Se encuentran obstruidas totalmente por el concreto de la losa de aproximación y parte del lastre del camino (Figura A102 y A103).

CUADRO N°A91. GRADO DE DAÑO EN LAS JUNTAS DE EXPANSIÓN	
Sonidos extraños	1
Filtración de agua	1
Faltante o deformación	1
Movimiento vertical	1
Juntas obstruidas	5
Acero de refuerzo expuesto	1



Figura A102. Obstrucción de las juntas de expansión. Autoría propia.



Figura A103. Obstrucción en la junta central del puente. Autoría propia.

### Superestructura

Losa: se tuvo presencia de manchas blancas y leves inicios de nidos de piedra y descascaramiento (Figura A104).

CUADRO N°A92. GRADO DE DAÑO EN LA LOSA	
Grietas en 1 dirección	1
Grietas en 2 direcciones	1
Descascaramiento	2
Acero de refuerzo expuesto	1
Nidos de piedra	2
Eflorescencia	2
Agujeros	1

Vigas principales: se tuvo que en los dos tramos las vigas estaban oxidadas y corroídas (Figura A104).

CUADRO N°A93. GRADO DE DAÑO EN LAS VIGAS PRINCIPALES	
Material	Acero

Tipo	Perfil W
Oxidación	3
Corrosión	3
Deformación	1
Perdida de pernos	1
Grietas en la soldadura o placa	1



Figura A104. Acercamiento de las vigas principales. Autoría propia.

Vigas secundarias: se tuvo 3 arriostres formados por angulares de acero, los cuales están en las mismas condiciones de las vigas principales (Figura A104 y A105).

CUADRO N°A94. GRADO DE DAÑO EN LAS VIGAS SECUNDARIAS	
Material	Acero
Tipo	Perfil W
Oxidación	3
Corrosión	4
Deformación	1
Perdida de pernos	1
Grietas en la soldadura o placa	1



Figura A105. Angulares unidos como vigas secundarias. Autoría propia.

### Subestructura

Viga cabezal y aletones: los aletones de ambos bastiones se encuentran con gran humedad, existe descascaramiento y nidos de piedra (Figura A106 y A107).

CUADRO N°A95. GRADO DE DAÑO EN VIGA CABEZAL Y ALETONES	
Material	Concreto reforzado
Grietas en 1 dirección	2
Grietas en 2 direcciones	1
Descascaramiento	2
Acero de refuerzo expuesto	1
Nidos de piedra	2
Eflorescencia	2
Protección del talud	1



Figura A106. Bastión B2. Autoría propia.

**Bastiones:** el bastión B1 posee nidos de piedra, gran humedad y leve socavación de la fundación (Figura A106). El bastión B2 posee nidos de piedra, descascaramiento del concreto y humedad (Figura A107).

<b>CUADRO N°A96. GRADO DE DAÑO EN LOS BASTIONES</b>	
Grietas en 1 dirección	2
Grietas en 2 direcciones	1
Descascaramiento	2
Acero de refuerzo expuesto	1
Nidos de piedra	2
Eflorescencia	2
Perdida del talud de protección	1
Inclinación	1
Socavación de la fundación	3



Figura A107. Bastión B1. Autoría propia.



Figura A108. Pila P1. Autoría propia.



Figura A109. Lado contrario de la Pila P1. Autoría propia.

**Pilas:** La única pila que existe posee descascaramiento, nidos de piedra, gran humedad, grietas y socavación en su fundación (Figura A108, A109 y A110).



Figura A110. Desprendimiento de concreto en la Pila P1. Autoría propia.

### Información socioeconómica

Al ser eje conector y tener proyectos turísticos, se clasificó como categoría B1 y su índice de viabilidad técnico social es de 84.

CUADRO N°A97. INFORMACIÓN SOBRE CONDICIÓN SOCIOECONÓMICA	
Clasificación de la ruta	B1
IVTS	84

## Puente San Juan Bosco

### Información general

Este puente de 9.6m de largo cuenta con barandas de malla empotradas en los bordillos. Posee una superestructura tipo viga simple, con dos vigas de concreto de sección cuadrada. Está ubicado en el distrito de Tuis, en San Juan Bosco (Figura A112), comunica con la carretera que da hacia la ruta Nacional 414 o hacia el Bajo

Pacuare. Su código de camino cantonal es 3-05-155-01. Posee un TPD de 18 y su IVTS es de 34.



Figura A111. Fotografía de perfil del Puente San Juan Bosco. Autoría propia.



Figura A112. Ubicación geográfica del Puente San Juan Bosco. (Google, 2021).

### Daños encontrados en los elementos

#### Accesorios

Juntas: se encontraban obstruidas por el camino.

CUADRO N°A98. GRADO DE DAÑO EN LAS JUNTAS DE EXPANSIÓN	
Sonidos extraños	1
Filtración de agua	1
Faltante o deformación	1
Movimiento vertical	1
Juntas obstruidas	5
Acero de refuerzo expuesto	1

## Superestructura

Losa: se tuvo presencia de manchas blancas y leves inicios de nidos de piedra y descascaramiento (Figura A113).

CUADRO N°A99. GRADO DE DAÑO EN LA LOSA	
Grietas en 1 dirección	1
Grietas en 2 direcciones	1
Descascaramiento	2
Acero de refuerzo expuesto	1
Nidos de piedra	2
Eflorescencia	2
Agujeros	2



Figura A113. Vista inferior de la superestructura. Autoría propia.

Vigas principales: se tuvo que las dos vigas de concreto reforzado tenían grietas, descascaramiento, nidos de piedra y manchas blancas (Figura A113 y A114).

CUADRO N°A100. GRADO DE DAÑO EN LAS VIGAS PRINCIPALES	
Material	Concreto reforzado
Tipo	Cuadrada
Grietas en 1D	2
Grietas en 2D	1
Descascaramiento	2
Acero de refuerzo expuesto	1

Nidos de piedra y cavidades	2
Eflorescencia	2

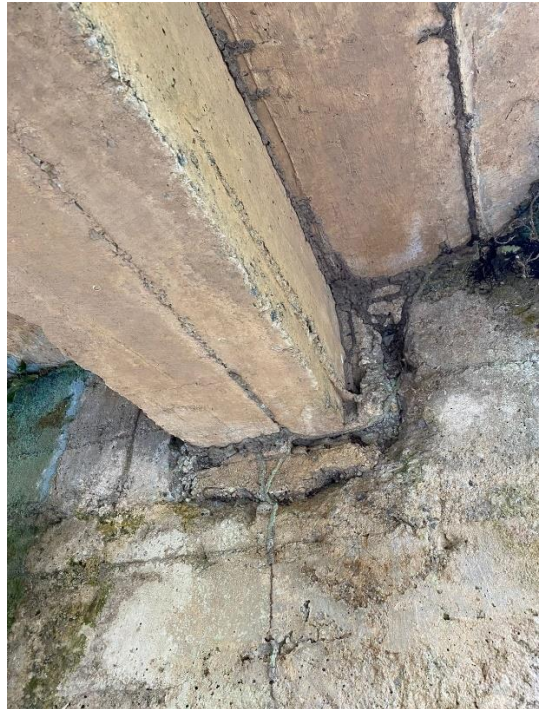


Figura A114. Acercamiento de las vigas principales. Autoría propia.

## Subestructura

Viga cabezal y aletones: los aletones de ambos bastiones se encuentran con gran humedad, existe descascaramiento y nidos de piedra (Figura A115 y A116). Además, se tiene gran pérdida de talud de relleno del bastión B1 (Figura 115).

CUADRO N°A102. GRADO DE DAÑO EN VIGA CABEZAL Y ALETONES	
Material	Concreto reforzado
Grietas en 1 dirección	1
Grietas en 2 direcciones	1
Descascaramiento	2
Acero de refuerzo expuesto	1
Nidos de piedra	2
Eflorescencia	2
Protección del talud <sup>2</sup>	5

<sup>2</sup>En el momento de la inspección se observó el gran daño en el talud de relleno del bastión B1, sin embargo, ya realizaron una labor correctiva por parte de la Municipalidad de Turrialba.



Figura A115. Talud de relleno del Bastión B1. Autoría propia.



Figura A117. Bastión B1. Autoría propia.



Figura A116. Bastión B2. Autoría propia.

**Bastiones:** el bastión B1 posee nidos de piedra, gran humedad y socavación de la fundación (Figura A119). El bastión B2 posee nidos de piedra, descascaramiento del concreto y humedad (Figura A117).

<b>CUADRO N°A103. GRADO DE DAÑO EN LOS BASTIONES</b>	
Grietas en 1 dirección	2
Grietas en 2 direcciones	1
Descascaramiento	2
Acero de refuerzo expuesto	1
Nidos de piedra	3
Eflorescencia	2
Perdida del talud de protección	1
Inclinación	1
Socavación de la fundación	5

### Información socioeconómica

Al ser eje conector y tener proyectos turísticos, se clasificó como categoría B1 y su índice de viabilidad técnico social es de 34.

<b>CUADRO N°104. INFORMACIÓN SOBRE CONDICIÓN SOCIOECONÓMICA</b>	
Clasificación de la ruta	B1
IVTS	34

### Puente San Bernardo

#### Información general

Este puente de 9m de largo cuenta con barandas soldadas en las vigas de acero de la superestructura. Posee un tramo tipo viga simple. Está ubicado en el distrito de Tayutic (Figura A119), comunica San Bernardo con la ruta Nacional 230. Su código de camino cantonal es 3-05-134-01. Posee un TPD de 40 y su IVTS es de 39.



Figura A118. Fotografía de perfil del Puente San Bernardo. Autoría propia.



Figura A119. Ubicación geográfica del Puente San Bernardo. (Google, 2021).

### Daños encontrados en los elementos

#### Accesorios

Juntas: no se aprecian. Se encuentran obstruidas totalmente por el camino (Figura A120).

CUADRO N°A105. GRADO DE DAÑO EN LAS JUNTAS DE EXPANSIÓN	
Sonidos extraños	1
Filtración de agua	1
Faltante o deformación	1
Movimiento vertical	1
Juntas obstruidas	3
Acero de refuerzo expuesto	1



Figura A120. Obstrucción de la junta J1. Autoría propia.

### Superestructura

Losa: para este caso se tiene una losa de madera, por lo que solo se va a calificar 1 en todo excepto en el rubro de agujeros (Figura A121).

CUADRO N°A106. GRADO DE DAÑO EN LA LOSA	
Grietas en 1 dirección	1
Grietas en 2 direcciones	1
Descascaramiento	1
Acero de refuerzo expuesto	1
Nidos de piedra	1
Eflorescencia	1
Agujeros <sup>3</sup>	3

<sup>3</sup>La losa presenta varios agujeros en los tablonces de madera.



Figura A121. Parte inferior de la losa. Autoría propia.

Vigas principales: se tuvo las 3 vigas estaban oxidadas y corroídas (Figura A121 y A122).

<b>CUADRO N°A107. GRADO DE DAÑO EN LAS VIGAS PRINCIPALES</b>	
Material	Acero
Tipo	Perfil W
Oxidación	3
Corrosión	3
Deformación	1
Perdida de pernos	1
Grietas en la soldadura o placa	1



Figura A122. Acercamiento de las vigas principales. Autoría propia.

Vigas secundarias: se tuvo 3 arriostres formados por angulares de acero, los cuales están en las mismas condiciones de las vigas principales (Figura A121 y A122) y 1 posee una conexión rota.

<b>CUADRO N°A108. GRADO DE DAÑO EN LAS VIGAS SECUNDARIAS</b>	
Material	Acero
Tipo	Perfil W
Oxidación	3
Corrosión	4
Deformación	1
Rotura de conexiones	3
Rotura de elementos	1

### Subestructura

Bastiones: el bastión B1 posee gran humedad (Figura A123). El bastión B2 posee nidos de piedra, descascaramiento del concreto, socavación en su fundación y humedad (Figura A124). Además, como son tipo marco y tener columnas de acero, se muestran oxidadas.

<b>CUADRO N°A110. GRADO DE DAÑO EN LOS BASTIONES</b>	
Grietas en 1 dirección	1
Grietas en 2 direcciones	1
Descascaramiento	2

Acero de refuerzo expuesto	1
Nidos de piedra	1
Eflorescencia	1
Perdida del talud de protección	1
Inclinación	1
Socavación de la fundación	5



Figura A123. Bastión B1. Autoría propia.



Figura A124. Bastión B2. Autoría propia.

### Información socioeconómica

Al ser eje conector, tener proyectos turísticos y agrícolas se clasificó como categoría B y su índice de viabilidad técnico social es de 39.

<b>CUADRO N°111. INFORMACIÓN SOBRE CONDICIÓN SOCIOECONÓMICA</b>	
Clasificación de la ruta	B
IVTS	39

## Puente Domingo García

### Información general

Este puente de 8.3m de largo posee una superestructura tipo viga-losa, posee barandas de concreto. Está ubicado en la localidad de Colorado, Turrialba (Figura A126), comunica por un lado Colorado con la ruta Nacional 10. Su código de camino cantonal es 3-05-006-01. Posee un TPD de 25 y su IVTS es de 54.



Figura A125. Fotografía de perfil del Puente Domingo García. Autoría propia.

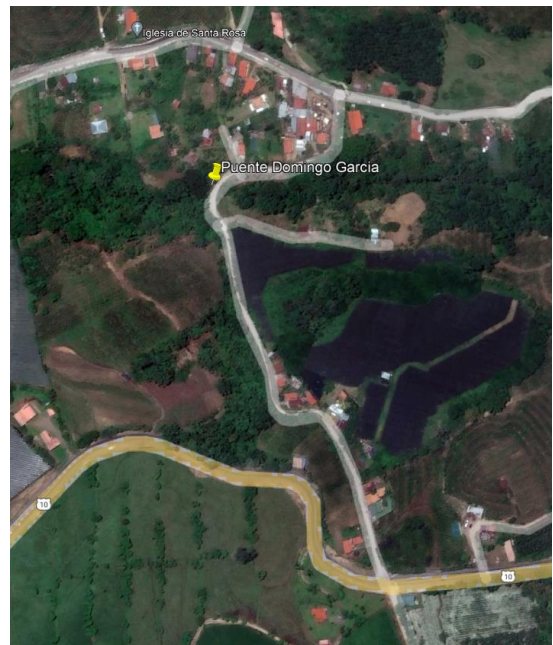


Figura A126. Ubicación geográfica del Puente Domingo García. (Google, 2021).

## Daños encontrados en los elementos

### Accesorios

Barandas: se observó grietas, acero de refuerzo expuesto y ausencia de medio elemento (Figura A127 y A128).

CUADRO N°A112. GRADO DE DAÑO EN LAS BARANDAS	
Tipo	Concreto reforzado
Agrietamiento	5
Acero de refuerzo	2
Faltante o ausencia	5



Figura A127. Grieta de 1cm en baranda. Autoría propia.

Juntas: obstruidas totalmente por la grava del camino (Figura A128).

CUADRO N°A113. GRADO DE DAÑO EN LAS JUNTAS DE EXPANSIÓN	
Sonidos extraños	1
Filtración de agua	2
Faltante o deformación	1
Movimiento vertical	1
Juntas obstruidas	5
Acero de refuerzo expuesto	1



Figura A128. Obstrucción de las juntas de expansión. Autoría propia.

### Superestructura

Losa: presencia de humedad y eflorescencia en la parte inferior de la losa. Además de leves nidos de piedra (Figura A129).

CUADRO N°A114. GRADO DE DAÑO EN LA LOSA	
Grietas en 1 dirección	1
Grietas en 2 direcciones	1
Descascaramiento	1
Acero de refuerzo expuesto	1
Nidos de piedra	2
Eflorescencia	2
Agujeros	1



Figura A129. Vista inferior de parte de la losa. Autoría propia.

## Subestructura

Viga cabezal y aletones: los aletones presentan humedad y nidos de piedra (Figura A130 y A131).

CUADRO N°A115. GRADO DE DAÑO EN VIGA CABEZAL Y ALETONES	
Material	Concreto reforzado
Grietas en 1 dirección	1
Grietas en 2 direcciones	1
Descascaramiento	1
Acero de refuerzo expuesto	1
Nidos de piedra	2
Eflorescencia	1
Protección del talud	1

Bastiones: se observan ambos bastiones con manchas blancas en el cuerpo principal, descascaramiento del concreto y nidos de piedra (Figura A130 y A131).

CUADRO N°A116. GRADO DE DAÑO EN LOS BASTIONES	
Grietas en 1 dirección	1
Grietas en 2 direcciones	1
Descascaramiento	2
Acero de refuerzo expuesto	1
Nidos de piedra	2
Eflorescencia	2
Perdida del talud de protección	1
Inclinación	1
Socavación de la fundación	1



Figura A130. Vista del bastión B1. Autoría propia.



Figura A131. Vista del bastión B2. Autoría propia.

## Información socioeconómica

Al ser eje conector y tener proyectos turísticos, agrícolas y de infraestructura, se clasificó como categoría A y su índice de viabilidad técnico social es de 54.

CUADRO N°A117. INFORMACIÓN SOBRE CONDICIÓN SOCIOECONÓMICA	
Clasificación de la ruta	A
IVTS	54

## Puente Quebrada Grande

### Información general

Este puente de 8.2m de largo posee una superestructura tipo viga-losa y posee barandas de acero. Estructura compuesta por una mezcla de concreto-acero.

Está ubicado en la localidad de San Juan Norte, Turrialba (Figura A133), este comunica por un lado San Juan Norte con la ruta Nacional 10 y con San Juan Sur. Su código de camino cantonal es 3-05-004-01. Posee un TPD de 95 y su IVTS es de 79.



Figura A132. Fotografía del Puente Quebrada Grande. Autoría propia.



Figura A133. Ubicación geográfica del Puente Quebrada Grande. (Google, 2021).

### Daños encontrados en los elementos

#### Accesorios

Juntas: obstruidas levemente por el camino (Figura A132).

<b>CUADRO N°A118. GRADO DE DAÑO EN LAS JUNTAS DE EXPANSIÓN</b>	
Sonidos extraños	1
Filtración de agua	1
Faltante o deformación	1
Movimiento vertical	1
Juntas obstruidas	3
Acero de refuerzo expuesto	1

### Superestructura

Vigas principales: se tuvo las 2 vigas estaban oxidadas y corroídas (Figura A134).

<b>CUADRO N°A119. GRADO DE DAÑO EN LAS VIGAS PRINCIPALES</b>	
Material	Acero
Tipo	Perfil W
Oxidación	3
Corrosión	4
Deformación	1
Perdida de pernos	1
Grietas en la soldadura o placa	1



Figura A134. Acercamiento de las vigas principales. Autoría propia.

### Subestructura

Bastiones: no se observa bastión alguno en la estructura. Lo que se tiene son las vigas apoyadas sobre lo que al parecer son dos planchas de concreto, por esta razón se calificó con 1 en todos los rubros (Figura A135 y A136).

<b>CUADRO N°A120. GRADO DE DAÑO EN LOS BASTIONES</b>	
Grietas en 1 dirección	1
Grietas en 2 direcciones	1
Descascaramiento	1

Acero de refuerzo expuesto	1
Nidos de piedra	1
Eflorescencia	1
Perdida del talud de protección	1
Inclinación	1
Socavación de la fundación	1



Figura A135. Vista de la plancha 1. Autoría propia.



Figura A136. Vista de la plancha 2. Autoría propia.

### Información socioeconómica

Al ser eje conector y tener proyectos turísticos, agrícolas y de infraestructura se clasificó como categoría A, y su índice de viabilidad técnico social es de 79.

<b>CUADRO N°A123. INFORMACIÓN SOBRE CONDICIÓN SOCIOECONÓMICA</b>	
Clasificación de la ruta	A
IVTS	79

# Referencias

Administration, F. H. (1995). *Recording and Coding Guide for the Structure Inventory and Appraisal of the Nation's Bridges*.

Camejo Joanna. (2012, noviembre 28). *Indicadores de gestión ¿Qué son y por qué usarlos?* Recuperado de <https://www.gestiopolis.com/indicadores-de-gestion-que-son-y-por-que-usarlos/>

Contreras, J. (2011). *Uso de fibras de carbono como reforzamiento a corte en vigas de concreto reforzado*. Recuperado de: [https://ciencia.lasalle.edu.co/ing\\_civil/237](https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_civil/237).

Gabela, D. (2013). *Plan de mantenimiento de la carpeta asfáltica de la sección del paso lateral de Ambato comprendida entre Huachi grande y el redondel del terremoto*. Recuperado de: <https://docplayer.es/50145259-Pontificia-universidad-catolica-del-ecuador-facultad-de-ingenieria-escuela-de-civil-plan-de-mantenimiento-de-la-carpeta-asfaltica.html>

La República. (2021). *Sólo un 4% de los puentes en rutas nacionales está en buen estado*. Recuperado de: <https://www.larepublica.net/noticia/solo-un-4-de-los-puentes-en-rutas-nacionales-estan-en-buen-estado>.

Lanamme UCR. (2020). *LanammeUCR inspeccionó 118 puentes cantonales entre el 2019 y los primeros seis meses del 2020*. Recuperado de: <https://www.ucr.ac.cr/noticias/2020/07/29/lanammeucr-inspecciono-118-puentes-cantonales-entre-el-2019-y-los-primeros-seis-meses-del-2020.html>.

Metaltec. (2017). *¿Cómo se refuerzan las vigas metálicas?* Recuperado de: <https://metaltec.com.mx/reforzar-vigas-metalicas/>.

Ministerio de Obras Públicas y Transportes. (2007). *Lineamiento para mantenimiento de puentes*. Recuperado de:

<http://repositorio.mopt.go.cr:8080/xmlui/123456789/3665>.

Ministerio de Obras Públicas y Transportes. (2007). *Manual de inspección de puentes*. Recuperado de: [https://www.mopt.go.cr/wps/wcm/connect/31625228-76c4-44cf-963e-8d8b31540a79/manual\\_inspeccion2007.pdf?MOD=AJPERES](https://www.mopt.go.cr/wps/wcm/connect/31625228-76c4-44cf-963e-8d8b31540a79/manual_inspeccion2007.pdf?MOD=AJPERES).

Ministerio de Obras Públicas y Transportes. (2014). *Manual de especificaciones técnicas para realizar el inventario y evaluación de la Red Vial Cantonal*. Recuperado de: <https://www.mopt.go.cr/wps/wcm/connect/566ce036-6917-42b6-b1b5-8e5803ceee6e/D-38578.pdf?MOD=AJPERES>.

Monge, A. (2007). *Sistemas de control de erosión en la subestructura de puentes*. Recuperado de: <https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/6178/sistemasdecontroldeerosionenpuentes.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Municipalidad de El Guarco. (2020). *Plan de conservación y desarrollo vial cantonal*.

Ortíz, G, et al. (2020). *Priorización de intervención en puentes utilizando indicadores*. Recuperado de: [https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec\\_marcha/article/view/5120](https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/5120).

Proaño, R. (2007). *Comportamiento de vigas de concreto armado reforzadas con fibras de carbono en la rehabilitación de estructuras*. Recuperado de: <http://www.cismid.uni.edu.pe/wp-content/uploads/2020/01/E02A.pdf>.

Programa de Evaluación de Estructuras de Puentes (PEEP). (2019). *Inventario de puentes en rutas nacionales de Costa Rica 2014-2018*. Recuperado de: [https://www.tec.ac.cr/sites/default/files/media/doc/informe\\_final\\_inventario\\_y\\_evaluacion\\_puentes\\_2014-2018.pdf](https://www.tec.ac.cr/sites/default/files/media/doc/informe_final_inventario_y_evaluacion_puentes_2014-2018.pdf).

RB Conspro. (2012). *Reforzamiento Estructural Con CFRP*. Recuperado de: <https://rbconspro.wordpress.com/2012/07/14/reforzamiento-estructural-con-cfrp/>.

Sikadur-30. (s.f). *Adhesivo para pegado estructural*. Recuperado de: <https://mex.sika.com/es/construccion/repuracion-y-reforzamiento/reforzamiento-estructuralfibrasdecarbono/sikadur-30.html>.

Sikadur-601C. (s.f). *Tejido de fibra de carbono unidireccional de alta resistencia para reforzamiento estructural*. Recuperado de: <https://mex.sika.com/es/construccion/repuracion-y-reforzamiento/reforzamiento-estructuralfibrasdecarbono/sikawrap-601-c.html>.

Structuralia. (2016). *Reparación de fisuras en estructuras de hormigón*. Recuperado de: <https://blog.structuralia.com/repuracion-de-fisuras-en-estructuras-de-hormigon>.

Winiker, T. (2019). *Manual para el mantenimiento de puentes en Costa Rica*. Recuperado de: <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/11018>.