

**APLICACIÓN EN TEMÁTICAS A LA INGENIERÍA
ANÁLISIS PATOLÓGICO DEL PUENTE VEHICULAR UBICADO SOBRE EL RIO
GUAMAL EN EL MUNICIPIO DE SAN CARLOS DE GUAROA**



Por:
Jairo Andrés Cárdenas Bernate



**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
VILLAVICENCIO
AÑO
2020**

**APLICACIÓN EN TEMÁTICAS A LA INGENIERÍA
ANÁLISIS PATOLÓGICO DEL PUENTE VEHICULAR UBICADO SOBRE EL RIO
GUAMAL EN EL MUNICIPIO DE SAN CARLOS DE GUAROA**



Por:
Jairo Andrés Cárdenas Bernate

Documento final presentado como opción de grado para optar al título profesional
de ingeniero civil

Aprobado por:
Ing. Oscar Felipe Sáenz Pardo
Director

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
VILLAVICENCIO
AÑO
2020**

AUTORIDADES ACADÉMICAS

Fray José Gabriel Mesa Ángulo, O.P.
Rector General

Fray Eduardo González Gil, O.P.
Vicerrector Académico General

Fray José Antonio Balaguera Cepeda, O.P.
Rector Sede Villavicencio

Fray Rodrigo García Jara, O.P.
Vicerrector Académico Sede Villavicencio

Julieth Andrea Sierra Tobón
Secretaria de División Sede Villavicencio

Ing. Manuel Eduardo Herrera Pabón
Decano Facultad de Ingeniería Civil

Nota de aceptación

ING. MANUEL EDUARDO HERRERA PABÓN
Decano Facultad Ingeniería Civil

ING. OSCAR FELIPE SÁENZ PARDO
Director Trabajo de Grado

Villavicencio, 13 de 08 de 2020

DEDICATORIA

Siendo este uno de mis mayores logros, le doy un especial reconocimiento a mis padres y mi familia quienes siempre han sido mi guía, mi motor de vida y me han brindado su apoyo incondicional en cada uno de mis pasos y decisiones.

Para ellos es esta dedicatoria de tesis, pues es a ellos a quienes se las debo TODO

AGRADECIMIENTOS

A Dios y a todas las personas que alguna vez fueron partícipes en mi proceso educativo e integral.

RESUMEN

El estudio patológico en estructuras como los puentes es de gran beneficio para la prevención de desastres, es necesario saber porque y como una estructura podría llegar a fallar, reduciendo el índice de riesgo y evitar pérdidas económicas y sociales. Por esta razón; En este estudio se examina las condiciones del puente ubicado sobre el Rio Guamal en el municipio de San Carlos de Guaroa, identificando las patologías que están presentes en esta obra civil por medio de ensayos no destructivos siguiendo lo estipulado por el manual de inspección visual de puentes y pontones del instituto nacional del INVIAS.

El objetivo es evaluar la condición patológica junto con el estado de cada uno de los elementos que conforman el puente hallando su causa y efecto, implementando también medidas de mitigación y tratamientos para sus patologías; el mantenimiento periódico a los puentes vehiculares en concreto es la mejor solución para prevenir y mitigar cualquier aparición de enfermedades que la estructura pueda tener

Las patologías encontradas en este puente sugieren un estado desfavorable de la estructura, generando la necesidad de realizar mejoramiento de la estructura para su continuidad de éxito que esta ha tenido en el municipio, puesto que es una obra muy importante para la conexión de algunas localidades aledañas al centro urbano de San Carlos de Guaroa y también para la economía del mismo.

Este estudio se convierte en una invitación tácita para investigar las patologías presentes en los puentes de la región del meta puesto que algunas de las construcciones realizadas en Colombia tienen terminaciones no deseadas, con apariencia poco segura y confiable. Basta con una inspección visual para identificar irregularidades durante la construcción, mantenimiento y operación de la infraestructura.

Palabras Clave: *INVIAS, patología, Obra civil, estudio, mantenimiento estructural*

ABSTRACT

The pathological study in structures such as bridges is of great benefit for disaster prevention, it is necessary to know why and how a structure could fail, reducing the risk index and avoiding economic and social losses. For this reason; This study examines the conditions of the bridge located over the Guamal River in the municipality of San Carlos de Guaroa, identifying the pathologies that are present in this civil work by means of non-destructive tests following the provisions of the visual inspection manual of bridges and pontoons of the INVIAS national institute.

The objective is to evaluate the pathological condition together with the state of each one of the elements that make up the bridge, finding its cause and effect, also implementing mitigation measures and treatments for its pathologies; periodic maintenance to vehicle bridges in particular is the best solution to prevent and mitigate any appearance of diseases that the structure may have

The pathologies found in this bridge suggest an unfavorable state of the structure, generating the need to perform improvement of the structure for its continued success that it has had in the municipality, since it is a very important work for the connection of some neighboring towns. to the urban center of San Carlos de Guaroa and also for its economy.

This study becomes a tacit invitation to investigate the pathologies present in the bridges of the meta region since some of the constructions carried out in Colombia have unwanted finishes, with an unsafe and reliable appearance. A visual inspection is enough to identify irregularities during the construction, maintenance and operation of the infrastructure.

Key Word: *INVIAS, pathology, civil works, study, structural maintenance*

CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	12
2.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	13
2.1.	DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	13
2.2.	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	13
3.	JUSTIFICACIÓN.....	14
4.	OBJETIVOS.....	16
4.1.	OBJETIVO GENERAL.....	16
4.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
5.	ALCANCE DEL PROYECTO.....	17
6.	MARCO DE REFERENCIA	18
6.1.	MARCO TEÓRICO	18
6.2.	MARCO CONCEPTUAL.....	23
6.3.	ESTADO DEL ARTE.....	25
6.4.	MARCO NORMATIVO.....	27
7.	METODOLOGÍA.....	29
8.	ETAPA 1	31
8.1.	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	31
8.2.	ELEMENTOS Y EQUIPOS	32
8.3.	LOCALIZACIÓN E IDENTIFICACIÓN TERRITORIAL.....	35
8.4.	IDENTIFICACIÓN DE LA ESTRUCTURA	37
9.	ETAPA 2	38
9.1.	VISITA DE INSPECCIÓN Y ELEMENTOS PRELIMINARES	38
9.2.	INSPECCIÓN DE SOLDADURAS	60
10.	ETAPA 3.....	63
10.1.	PLANTILLAS Y RESULTADOS.....	63
11.	CONCLUSIÓN.....	81
12.	BIBLIOGRAFÍA.....	82

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Porcentaje de la economía representativa en San Carlos de Guaroa	15
Figura 2 Registro fotográfico inicial del estado físico del puente.....	15
Figura 3 Modelo secuencial de la patología del concreto.....	19
Figura 4 Metodología del Estudio patológico de puentes.....	29
Figura 5 Arco superior de estructura mixta.....	31
Figura 6 Celular.....	32
Figura 7 Flexómetro.....	32
Figura 8 Fisurómetro.....	33
Figura 9 Elementos de seguridad.....	33
Figura 10 Fenolftaleína.....	34
Figura 11 Mapa territorial San Carlos de Guaroa.....	35
Figura 12 Grupo estructural.....	39
Figura 13 Superficie del puente.....	40
Figura 14 Daño tipo OB en juntas de expansión.....	41
Figura 15 Daños tipo DGG, DPG, FIG en juntas de expansión.....	42
Figura 16 Daños tipo PD, PS en juntas de expansión.....	42
Figura 17 Bordillo.....	43
Figura 18 pintura en las barandas.....	44
Figura 19 Oxidación en barandas.....	44
Figura 20 Falta de iluminación.....	45
Figura 21 Falta de señalización.....	46
Figura 22 Estado del drenaje transversal.....	47
Figura 23 Apoyos.....	48
Figura 24 Pilas.....	50
Figura 25 Patología en pilas.....	51
Figura 26 Falta de concreto de recubrimiento en losas, vigas y riostras.....	53
Figura 27 Corrosión en vigas y riostras.....	53
Figura 28 Deficiencia de construcción en losa.....	54
Figura 29 Fisuras por Torsión en vigas.....	54
Figura 30 Humedad y deterioro del concreto.....	55
Figura 31 Arco superior.....	56
Figura 32 Corrosión y degradación en aceros en elemento tipo Arco.....	56
Figura 33 Soldadura en elemento tipo Arco.....	57
Figura 34 Deterioro en la pintura en elemento tipo Arco.....	57
Figura 35 Fisuración de bóveda.....	58
Figura 36 Perdida del recubrimiento y fisura de alta gravedad con espesor de	58
Figura 37 Exposición y corrosión del acero de refuerzo.....	58
Figura 38 Filtración y eflorescencia.....	59
Figura 39 Concreto deteriorado.....	59
Figura 40 Soldadura con porosidad tubular y alineada.....	61
Figura 41 Fusión incompleta entre pases de soldadura.....	62
Figura 42 Fusión incompleta.....	62

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Codificación de territoriales según el INVIAS	36
Tabla 2 Tipo de Puente según estructuración transversal	37
Tabla 3 Tipo de Puente según estructuración continuas.....	37
Tabla 4 Clasificación de superficie del puente	40
Tabla 5 Clasificación de las juntas de expansión	41
Tabla 6 Tipo de Baranda.....	43
Tabla 7 Tipo de material en Aletas y Estribos	49
Tabla 8 Tipo de pilas	51
Tabla 9 Sección Transversal de las pilas	51
Tabla 10 Tipo de losas	52
Tabla 11 Tipo de viga.....	52
Tabla 12 Sección transversal en vigas.....	52
Tabla 13 Ficha # 01	64
Tabla 14 Ficha # 02.....	65
Tabla 15 Ficha # 03.....	66
Tabla 16 Ficha # 04.....	67
Tabla 17 Ficha # 05.....	68
Tabla 18 Ficha # 06.....	69
Tabla 19 Ficha # 07.....	70
Tabla 20 Ficha # 08.....	71
Tabla 21 Ficha # 09.....	72
Tabla 22 Ficha # 10.....	73
Tabla 23 Ficha # 11	74
Tabla 24 Ficha # 12.....	75
Tabla 25 Ficha # 13.....	76
Tabla 26 Ficha # 14.....	77
Tabla 27 Ficha # 15.....	78
Tabla 28 Ficha # 16.....	79
Tabla 29 Ficha # 17.....	80

1. INTRODUCCIÓN

Las construcciones de obras civiles están compuestas de materiales de diferentes orígenes, propiedades físicas y mecánicas para la implementación y elaboración del concreto reforzado. En Colombia la mayoría de las estructuras construidas son realizadas en concreto reforzado puesto que este trabaja de forma eficiente en compresión y tracción; hay disponibilidad de los materiales que lo componen, gran capacidad adaptativa para conseguir diversas formas arquitectónicas, elemento dúctil con alto grado de durabilidad y resistencia al fuego. Los materiales más usados en el concreto reforzado son: cemento, acero, agregados, arena y agua; estos a su vez se mezclan según el uso y la resistencia requerida.

Debido a varias causas naturales, como el tiempo, la intemperie y los agentes físicos y químicos, estos materiales son susceptibles a una variedad de patologías. Pueden ser: fisuras, desprendimiento de material, oxidación, carbonatación, lixiviación, etc.

Muchas de las construcciones realizadas en Colombia tienen terminaciones no deseadas, con apariencia poco segura y confiable. Basta con una inspección visual para identificar irregularidades durante la construcción, mantenimiento y operación de la infraestructura. Esto se convierte en una invitación tácita investigar las patologías presentes en los puentes de la región.

La identificación de patologías es la fase inicial para definir los pasos a seguir para labores de reparación, reforzamientos, operación y mantenimiento. Lo ideal es que las alternativas sean efectivas, rápidas y económicas.

El puente que se estudiará tiene gran relevancia para la economía del municipio y conecta las veredas El Carmen, Santander y Cumaral con la zona urbana del Municipio de San Carlos. El municipio de San Carlos de Guaroa se ubica en el departamento del meta con aproximadamente 9.581 habitantes, La conformación morfológica del municipio de San Carlos de Guaroa, se presenta formando principalmente por las planicies aluviales de los ríos Metica, Acacias, Guayuriba y Guamal, este último río es en donde se encuentra el puente a estudiar de coordenadas 3°42'20.36"N, 73°14'20.23"O.

Este proyecto se realiza con el fin de evaluar los diferentes problemas que causan patologías físicas presente en el puente vehicular que se encuentra sobre el río Guamal en el municipio de San Carlos de Guaroa, como lo son: la humedad, erosión, suciedad, exposición de refuerzos, oxidación, carbonatación, estado de soldaduras y otros factores importantes para este estudio.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Según la alcaldía de San Carlos de Guaroa la construcción del puente ubicado sobre el rio Guamal se hizo para solucionar la problemática de comunicación de las veredas: el Carmen, Santander y Cumaral con el casco urbano del municipio. El puente se encuentra en operación a la fecha, pero a causa de escaso mantenimiento son visibles patologías en la estructura y estas pueden disminuir sus características físico-mecánicas trayendo como consecuencia generan afectación a cada uno de los elementos que lo conforman y de esta manera una reducción económica por falta de mantenimiento y la falta de comunicación con las veredas ya antes mencionadas.

Por medio de visitas de campo el autor realizó el análisis inicial del puente identificando patologías comunes, pero de importancia como son la oxidación que se presenta en toda la estructura metálica del arco superior, agrietamientos longitudinales, y transversales, así como desprendimiento de concreto. Se concluye de estas visitas que es necesario realizar un análisis más profundo que permita determinar posibles reparaciones y sus condiciones de uso.

2.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El mantenimiento y tratamiento de las patologías presentes en el puente permitirá su uso de forma segura durante más años. Durante 10 años el puente ha permitido el transporte de productos agrícolas de la zona rural a la zona urbana del Municipio. Durante estos años se ha visto un aumento de cultivos agrícolas de un 25% [1] y estos en su mayoría, se encuentran en las veredas el Carmen, Santander, Cumaral, etc. Por ello es conveniente realizar el análisis patológico de la estructura por medio de la metodología planteada por el INVIAS (Manual para la inspección visual de puentes y pontones, octubre del 2006), NTC 5551 (Durabilidad de estructuras de concreto), GTC 110 (Guía para la inspección visual de soldaduras) y la NTC 2120 (Guía para la inspección de soldadura mediante ensayos no destructivos).

La afectación que conlleva la existencia de una enfermedad patológica en este puente conlleva implicaciones estéticas, seguridad, resistencia, durabilidad, que tienen como consecuencia mecanismos de ocurrencia de fallas y sistemas de daños en toda la estructura.

Estas patologías estructurales varían según su intensidad e incidencia, provocando en algunos casos, altos gastos de reparación y adaptación, en casos mayores conducen a una falla parcial o completa de la estructura.

¿QUÉ AFECTACIÓN TIENEN LAS PATOLOGÍAS PRESENTES EN EL PUENTE VEHICULAR DEL MUNICIPIO DE SAN CARLOS DE GUAROA SOBRE EL RIO GUAMAL EN SU FUNCIONAMIENTO Y VIDA ÚTIL?

3. JUSTIFICACIÓN

El estudio patológico en estructuras como los puentes es de gran beneficio para la prevención de desastres, es necesario saber porque y como una estructura podría llegar a fallar, reduciendo el índice de riesgo y evitar pérdidas económicas y sociales.

El puente presenta deterioro que puede indicar que está llegando a su vida útil de servicio, por lo tanto, es necesario determinar cuál es el agente que causa este deterioro y que está agrediendo al concreto o al acero. Durante esta etapa de “propagación del daño” usualmente se identifican síntomas de deterioro tales como: manchas superficiales, desintegración parcial del concreto de recubrimiento (degradación de la capa superficial), exposición del agregado, fisuras en el concreto de recubrimiento, estado de soldaduras, desintegración total del concreto de recubrimiento y corrosión y deformación de la estructura de acero [2].

Se pretende que el presente estudio haga parte de los estudios previos para cualquier proceso de contratación que el municipio de San Carlos de Guaroa realice en el puente.

Este estudio no solo es una invitación a llevar mantenimientos paulatinos a las estructuras colombianas sino también, un llamado y apoyo a la alcaldía de San Carlos de Guaroa para que haga una correcta intervención y mantenimiento al puente para prolongar el éxito que este puente ha tenido en el transcurrir de los años ya que esta es una estructura de gran importancia para los usuarios de la zona.

El análisis de patologías permite recomendar posibles acciones de mantenimiento y reparación de la subestructura y la superestructura del puente en mención.

Por otro lado, La agricultura desarrollada en la ciudad es de tipo tradicional; el cultivo principal es la palma aceitera (un aumento de aproximadamente 8.5% de 2014 a 2015), y otros cultivos importantes son: Arroz siego (un aumento de aproximadamente 130% de 2014 a 2015), cítricos, mecanización de arroz de secano y los plátanos, en menor medida: ahuyama, maíz técnico, maracuyá, piña y maíz amarillo artificial [1].

Más del 90% de la economía del municipio se encuentra directa e indirectamente relacionada con el cultivo y la producción de la palma de aceite, según cifras del anuario estadístico del 2001 de Fedepalma, la zona oriental que incluye al meta, Casanare concentra al rededor del 35% del área sembrada en producción de fruto, aceite y torta de palmiste como se indica en la Figura 1 [1].

Mientras tanto, San Carlos de Guaroa alcanza una participación del 25% en el hectareaje y la producción de la zona oriental y el 9 por ciento de la nacional [1].

La implementación del estudio patológico y sus posibles mantenimientos garantiza la ruta de comunicación que permite el transporte de productos agrícolas, ganaderos e industriales.

Esta investigación se realiza con la metodología propuesta por el INVIAS (Manual para la inspección visual de puentes y pontones, octubre del 2006), NTC 5551 (Durabilidad de estructuras de concreto), GTC 110 (Guía para la inspección visual de soldaduras) y la NTC 2120 (Guía para la inspección de soldadura mediante ensayos no destructivos) siguiendo todos los lineamientos propuestos en estas normas.



Figura 1 Porcentaje de la economía representativa en San Carlos de Guaroa
Fuente: Dane 2013

De la misma manera se evidencia el estado del puente por medio de registros fotográficos (Figura 2) con el fin de corroborar el mal estado en el que se encuentra el puente ubicado sobre le río Guamal en el municipio de San Carlos de Guaroa.



Figura 2 Registro fotográfico inicial del estado físico del puente
Fuente: Propio

4. OBJETIVOS

4.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la condición patológica junto con el estado de cada uno de los elementos que conforman el puente ubicado sobre el rio Guamal en el municipio de San Carlos de Guaroa.

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Detectar y analizar las patologías que se presentan en el puente mediante visitas de campo haciendo seguimiento de la norma propuesta por el INVIAS (Manual para la inspección visual de puentes y pontones, octubre del 2006), NTC 5551 (Durabilidad de estructuras de concreto), GTC 110 (Guía para la inspección visual de soldaduras) y la NTC 2120 (Guía para la inspección de soldadura mediante ensayos no destructivos).
- Evaluar las condiciones de daño de los diferentes elementos estructurales que conforman el puente según el tipo de afectación que estos generan en el funcionamiento y vida útil de la estructura del puente.
- Realizar ensayos no destructivos tales como medición de grietas con fisurómetros, ensayos de verificación de carbonatación con el uso de elementos químicos no letales para la estructura con el fin de determinar las patologías que agreden la estructura, el uso un dron con alta calidad de imagen es necesario para la evaluación visual en puntos altos del puente como lo son sus arcos superiores.
- Evaluación de alternativas para solucionar las patologías que se presenten en el puente vehicular.

5. ALCANCE DEL PROYECTO

El análisis y evaluación patológico del puente localizado al sureste del municipio de San Carlos de Guaroa, va a determinar los factores físicos y químicos que pueden tener impacto en el puente, utilizando métodos como visitas de campo para una inspección visual verificando el estado de la planta física, conociendo los materiales y técnicas constructivas con las que se realizó la obra.

Se reportarán las zonas afectadas clasificándolas según el nivel de riesgo y como pueden llegar a afectar el funcionamiento del puente.

Se implementarán estudios prácticos in situ en los elementos que conforman la estructura del puente a través de ensayos no destructivos tales como medición de grietas con fisurómetros y testigos en vidrio; así como ensayos de verificación de carbonatación, drones de alta calidad de imagen para estudio visual del estado de elementos a gran altura. Se debe realizar un esquema de cantidades de aceros expuestos a corrosión, fisuras presentes en el puente, estado de soldaduras, descomposición del pavimento y sus causas.

El estudio ayudaría a prevenir la presencia de dichos patógenos como también las medidas de control y mitigación de los daños por medio las normas NTC 5551 (Durabilidad de estructuras de concreto), INVIAS (Manual para la inspección visual de puentes y pontones, octubre del 2006), GTC 110 (Guía para la inspección visual de soldaduras) y la NTC 2120 (Guía para la inspección de soldadura mediante ensayos no destructivos).

6. MARCO DE REFERENCIA

6.1. MARCO TEÓRICO

La patología estructural es una ciencia encargada de estudiar, diagnosticar daños, evaluar las causas y formular los procesos de reparación. Se sabe que la patología del concreto reforzado abarca diferentes factores que afectan la estructura como lo pueden ser: El medio ambiente, las cargas a las que se somete la estructura, al curado inadecuado [3].

La patología estructural es una ciencia que se encarga del estudio, diagnóstico de daños, evaluación de las causas y formulación de los procesos de reparación. La patología del concreto abarca todos los diferentes factores que pueden afectar una estructura como lo son: el medio ambiente, las cargas a las que está sometida y al curado inadecuado. Estas patologías se dividen en dos grupos físicas y mecánicas, la segunda es la que se tendrá como objeto de estudio en este proyecto [3].

- **Patología estructural (Enfermedad)**

La patología estructural es un estudio sistemático y ordenado del comportamiento irregular de una estructura o sus elementos (Figura 3), cuando una estructura o elemento tiene algún tipo de falla o daño debido a factores internos o externos que no pueden garantizar su seguridad [4].

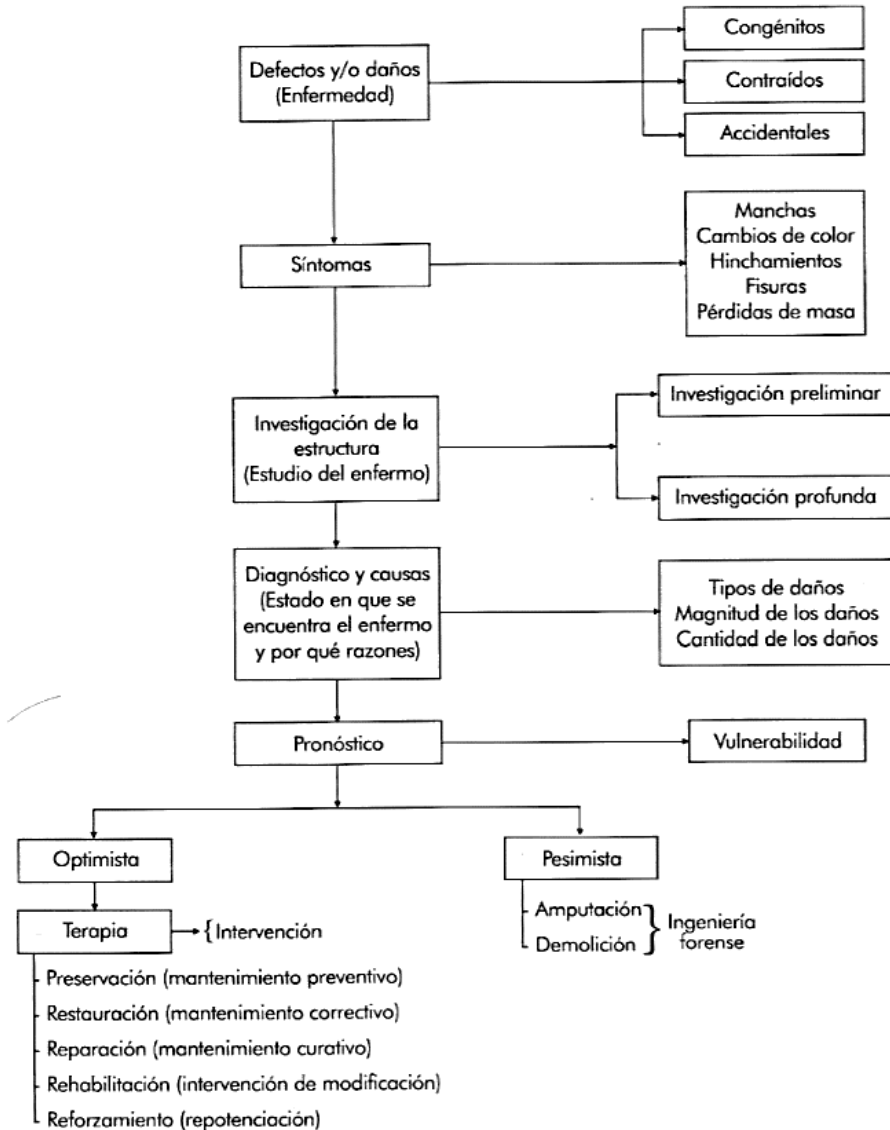


Figura 3 Modelo secuencial de la patología del concreto.

Fuente:

Durabilidad y Patología de Concreto. Segunda Edición (Sánchez de Guzmán), 2011

- **Causas de alteración de durabilidad**

La durabilidad es la capacidad de los materiales y componentes para retener sus características y funciones seleccionadas durante su vida útil esperada. La durabilidad del material puede variar según las siguientes condiciones:

Esenciales: Son todas las propiedades físicas, mecánicas, químicas que aportan a la estructura.

Circunstanciales: sólo se manifiestan ante estímulos externos. Puesto que definen el comportamiento, suelen denominarse características.

Elásticos: Los Que Después de haberse deformado por la acción de Una fuerza exterior, recuperan su forma y volumen.

Plásticos: Son los que conservan indefinidamente las deformaciones provocadas por la acción de una fuerza exterior [2].

- **Acciones físicas**

Básicamente se refieren a los cambios de volumen que experimenta el concreto debido a cambios en la humedad (agua líquida, vapor de agua, escarcha, hielo) y / o temperatura (frío, calor, fuego). La acción física se refiere a cambios en la masa (cambios en la unidad de peso, porosidad y permeabilidad) [2].

- **Acciones químicas**

Los factores de deterioro atribuidos a la acción química incluyen la erosión ácida, la lixiviación de aguas blandas, la carbonatación, la formación de sales de hinchamiento o la erosión por sulfatos, la meteorización y la hinchazón destructiva de la reacción de álcali-agregado. También se puede mencionar la corrosión de los metales, que se puede definir como el proceso de reacción entre el metal y una sustancia en el entorno, cuyo resultado es la oxidación destructiva de los materiales involucrados [2].

- **Ataque de ácidos**

El mecanismo de deterioro del hormigón causado por el ácido suele ser el resultado de la reacción entre estas sustancias (aceleradores) y todos los compuestos de calcio (hidróxido de calcio, silicato de calcio hidratado y aluminato de calcio hidratado) en el cemento Portland hidratado. Sal de calcio. Por ejemplo, la acción del ácido sulfúrico produce sulfato de calcio, que precipita como el vidrio. El ácido nítrico produce nitrato de calcio, que también se disuelve bien. Para los ácidos orgánicos, ocurre una situación similar. Por ejemplo, la acción del ácido láctico produce lactato de calcio y el ácido acético produce acetato de calcio [2].

- **Lixiviación**

Durante este proceso, el solvente líquido entra en contacto con el sólido en polvo, causando que uno de los componentes sólidos se disuelva. El cemento Portland hidratado contiene hasta 25% a 30% de hidróxido de calcio $\text{Ca}(\text{OH})_2$ y es soluble en agua. Es probable que el componente se filtre fuera del concreto. Debido a que el hidróxido de calcio es más soluble en agua fría, el agua producida por montañas o presas es más agresiva que el agua caliente [2].

- **Carbonatación**

Esta es una reacción ácida que afecta la estructura al cambiar las propiedades y convertir la cal libre en cemento libre en carbono de calcio. Esta reacción ocurre en todos los materiales que contienen cal (como cemento, piedra, concreto, etc.). Debido a que el dióxido de carbono se difunde desde la atmósfera o el suelo y penetra en la estructura porosa de la superficie del concreto [2].

- **Eflorescencias**

Estos son parches blanquecinos de aspecto irregular que aparecen en superficies húmedas. Cuando la superficie está seca y el agua se evapora, algunas sales solubles que se encuentran en el agua se cristalizarán y, por lo tanto, se desgastarán [5].

- **Fisuras inevitables**

Por lo general, ocurren debido a cambios en el volumen y / o temperatura, dependiendo del tipo de concreto utilizado, el contenido y tipo de cemento, la cantidad de aire incorporado, la cantidad y tipo de refuerzo, el proceso de curado, etc. Se mostrarán y tendrán sus propias Características. Basado en restricciones internas, estos cambios pueden traducirse en esfuerzo o tensión, y su desempeño depende de cuánto tiempo se coloca el concreto durante el endurecimiento o endurecimiento [6].

- **Fisuras admisibles**

Estas grietas son el resultado del comportamiento esperado y el comportamiento controlado debido al diseño estructural y sus dimensiones bajo carga. No todas las grietas se deben a un mal diseño y control de ingeniería. Las grietas causadas por la acción mecánica se consideran los efectos de las siguientes grietas de tensión: tracción pura, flexión simple y compuesta, torsión y cizallamiento [6].

- **Fisuras patológicas**

Estas fisuras son ocasionadas por sobrecargas, acciones químicas, biológicas. Estas son representativas de síntomas de gran peligro puesto que amenaza directamente al buen funcionamiento y estado de cada uno de los elementos que conforman al puente. Las patologías se presentan por diferentes motivos, fallas por compresión, tensión, flexión, cortante, acciones químicas y naturales [6].

- **Acciones biológicas**

Como resultado de la biorreceptividad proporcionada por la superficie del hormigón y el mortero, aparentemente se debe a la reducción del pH de su propia superficie, existen condiciones de colonización, establecimiento y desarrollo de microorganismos de origen animal y vegetal, que también afecta a las plantas y microorganismos vegetales. Durabilidad del hormigón [2].

- **Ensayos no destructivos**

Estos ensayos son practicados para que los materiales no sean alterados en su forma ni sus propiedades físicas, químicas y mecánicas. Estos ensayos implican daños no considerables o nulos usando fenómenos tales como ondas electromagnéticas, elásticas, emisión de partículas subatómicas, capilaridad, absorción y cualquier tipo de prueba que no afecta directamente a la estructura [2].

- **Inspección visual**

Esta es una evaluación integral de la estructura, que se llevó a cabo después de identificar áreas afectadas por fallas y deterioro estructural. Aquí, la patología se caracteriza por diferentes pruebas. A través de una inspección visual detallada, se obtendrá un estudio gráfico de la morbilidad en el edificio. [7].

- **Fenolftaleína en la carbonatación**

Los productos químicos de fenolftaleína se utilizan principalmente como indicadores ácido-base para determinar el punto equivalente en la valoración. Si se agrega una cantidad excesiva de álcali al final de la evaluación, se observará que el color rosado de la fenolftaleína desaparecerá después de cierto tiempo [8].

6.2. MARCO CONCEPTUAL

- **Elementos estructurales**

Una estructura es un grupo de elementos conectados entre sí que pueden soportar la fuerza que actúa sobre ella para mantener su forma. Las fuerzas que actúan sobre la estructura se denominan cargas y pueden ser de dos tipos: fijadas al peso apropiado del puente, siempre actuando sobre el cuerpo, o variables, como el viento, que no siempre actúan sobre el objeto. La estructura puede ser natural (producida por la naturaleza, como huesos, cuevas, barrancos, etc.) o artificial (como casas, vehículos, carreteras, aviones y otros objetos artificiales).

Las estructuras pueden ser tan grandes como cuevas o edificios, pero lo importante es que están compuestas de diferentes partes de categorías de elementos estructurales. Combinados de esta manera, se construyeron puentes, edificios, etc. [9].

- **Durabilidad**

La durabilidad es la capacidad de los materiales y componentes para retener sus características y funciones seleccionadas durante su vida útil esperada.

La durabilidad está estrechamente relacionada con otros conceptos y hechos básicos en la construcción de edificios (como la calidad y su control, uso y mantenimiento y envejecimiento). Por lo tanto, la mayor durabilidad del edificio y sus componentes está relacionada con un proceso de construcción de mayor calidad que se utiliza y mantiene adecuadamente.

Por otro lado, estrechamente relacionado con las operaciones de protección y renovación ordinarias y extraordinarias, el envejecimiento gradualmente pero naturalmente reducirá la vida útil esperada.

Las fallas de durabilidad generalmente consisten en un proceso anormal, que es causado por la causa final o el factor que afecta la durabilidad, lo que resulta en demoras o consecuencias acumulativas o consecuencias de lesiones, que eventualmente pueden conducir al colapso o destrucción de los componentes involucrados [10].

- **Desprendimiento**

Debido a la presencia de estratos no consolidados, o debido a la fuerte inclinación del pozo, la hidratación de la arcilla, la lubricación interna del lodo en la interfaz del estrato o la presión hidrostática, este es un colapso insuficiente de la pared del pozo.

La razón principal de la ruptura del material generalmente se debe a la selección inadecuada del material de revestimiento en un clima dado y / o defectos en el sistema de anclaje. Como resultado, los acabados se separan de los elementos de soporte a los que están unidos [11].

- **Corrosión**

La corrosión se define como el deterioro de un material debido a su ataque electroquímico por el medio ambiente. En términos más generales, puede entenderse como una tendencia general que los materiales deben buscar su forma más estable o tener menos energía interna. Mientras la corrosión sea causada por una reacción electroquímica (oxidación), la velocidad a la que ocurre la corrosión depende en cierta medida de la temperatura, la salinidad del fluido en contacto con el metal y las características del metal en cuestión. Otros materiales no metálicos también pueden ser corroídos por otros mecanismos. El proceso de corrosión es natural y natural. La corrosión es una reacción química (redox) que involucra tres factores: piezas fabricadas, medio ambiente y agua, o mediante reacciones electroquímicas [12].

- **Fisura**

Las fisuras en hormigón armado son pequeñas roturas que aparecen en la superficie de las estructuras, estas varían según el tipo de material, resistencia y cargas en las cuales se encuentran sometidas. Cuando una fisura atraviesa longitudinalmente toda la sección se convierte en una grieta [13].

6.3. ESTADO DEL ARTE

- **ANÁLISIS DE PATOLOGÍAS FÍSICAS DE PUENTES VEHICULARES EN CONCRETO EN LA LOCALIDAD DE CHAPINERO**

El ingeniero JHON EDWARD PANQUEVA RADA optó como proyecto de grado en la universidad Católica de Colombia en el 2015 la evaluación de los diferentes problemas causantes de las patologías físicas presentes en los puentes vehiculares de la localidad de Chapinero, como lo son: La humedad, la erosión, la suciedad y el hormigúeo, realizando un análisis detallado de las causas probables de estos efectos, utilizando métodos de investigación tomadas de algunas instituciones públicas y privadas [14].

- **ESTUDIO PATOLÓGICO DEL PUENTE NO. 15 EN EL KM 242+526, DE LA VÍA FÉRREA BOGOTÁ – BELENCITO**

Las ingenieras civiles Gladys Jane Barrera Toloza y Virginia Ramos Arenas realizaron un trabajo de grado en la Universidad Santo Tomás en 2015 para solicitar el título de experta en patología de la construcción y propusieron investigación patológica en el puente 15-Caño Frutillo se encuentra en Bogotá - En el corredor ferroviario de Bogotá-Belencito, su tipo corresponde a la estructura híbrida. Las luces laterales son simples arcos de hormigón, la membrana timpánica en la mampostería, y la luz central es una viga metálica de luz completa. Este puente es de importancia estratégica porque es parte de un corredor relacionado con el desarrollo del país, que funcionó hasta la década de 1990, transportando la mayor parte de su riqueza a las partes central y norte del país [15].

- **INSPECCIÓN Y EVALUACIÓN DE PATOLOGÍAS EN PUENTES DE HORMIGÓN ARMADO**

Inca Schierloh María Inés se propuso examinar el estado de los puentes de hormigón armado de la red de autopistas provinciales y las evaluaciones patológicas posteriores con el fin de diagnosticar las condiciones en que se encontraron para proceder al siguiente paso. Para designar las intervenciones necesarias, los esquemas de compensación y las recomendaciones generales, todas estas actividades se llevan a cabo con el apoyo de la Rama Nacional de la Universidad Nacional de Tensoloxica, Uruguay.

- **EVALUACIÓN, DIAGNÓSTICO, PATOLOGÍA Y PROPUESTA DE INTERVENCIÓN DEL PUENTE SOBRE EL CAÑO EL ZAPATERO A LA ENTRADA DE LA ESCUELA NAVAL ALMIRANTE PADILLA**

Las ingenieras María Fernanda Serpa Iriarte y Lina María Samper Pertuz optaron por trabajar en la Universidad de Cartagena para realizar una evaluación cualitativa y un diagnóstico patológico del estado del puente en la tubería "El Zapatero" frente a la Escuela Naval Almirante Padilla en Cartagena, India. Su importancia se debe a que es el único paso terrestre desde Cartagena a Manzanillo.

6.4. MARCO NORMATIVO

- **Manual para la inspección visual de puentes y pontones (INVIAS 2006)**

Con ayuda de este manual los ingenieros civiles calificados y sus grupos de trabajo podrán tener una inspección visual clara y precisa para el desarrollo de un estudio patológico en puentes y pontones llevando un inventario de daños que afecten a los elementos intervenidos, este manual contiene una serie de herramientas, teorías y prácticas que se pueden emplear con el fin de obtener un informe del estado físico de las estructuras, para así identificar el tipo, magnitud y severidad del daño localizado.

- **Norma Técnica Colombiana NTC 5551**

El estándar propone los parámetros más relevantes relacionados con la durabilidad del concreto y establece límites en el rango más importante, convirtiéndolos en factores de diseño. Proporciona información básica y herramientas para el diseño y construcción de estructuras estables [16].

- **Guía Para La Inspección Visual De Soldaduras GTC 110**

La información de esta guía se aplica a los roles y responsabilidades generales de los inspectores de soldadura visual y a las pautas generales para los exámenes [17].

- **Guía Para La Inspección De Soldadura Mediante Ensayos No Destructivos NTC 2120**

Con ayuda de esta guía se usa el término "Ensayos no destructivos – END para un estudio patológico identificando los métodos principales de inspección, que permiten evaluar soldaduras y materiales relacionados sin perjudicar su utilidad [18].

- **American Concrete Institute ACI 364**

La ACI 364 es un documento donde se describe los procedimientos que se pueden utilizar para evaluación de estructuras de hormigón antes de la rehabilitación. estos procedimientos se usan como una guía y no reemplaza el juicio del ingeniero responsable [19].

- **CCP 14**

La norma colombiana de diseño de puentes concibe que el uso de la CCP 14 está enfocada a la rehabilitación de puentes viales tanto fijos como móviles. Esta norma no suplanta el criterio del diseñador, únicamente estipula los requisitos

mínimos necesarios para proveer seguridad pública a todos los usuarios de puentes [20].

- **Evaluación de patologías en estructuras de concreto**

En el proceso de reparación del edificio, la evaluación y el diagnóstico son los pasos más importantes, porque de acuerdo con su definición, se tomarán decisiones de intervención. Obtener el diagnóstico correcto representa el éxito de la inversión y, por supuesto, también puede resolver la causa del problema.

En este documento se señalan los tipos de inspección, la metodología del levantamiento gráfico de patologías, tipos de ensayos, descripción del sistema estructural, entre otros [7].

7. METODOLOGÍA

Se usará la metodología que se encuentra presente en el manual para inspección visual de puentes y pontones del Instituto Nacional de Vías INVIAS, normas NTC 5551 (Durabilidad de estructuras de concreto), NTC 2120 (Guía para la inspección de soldadura mediante ensayos no destructivos) y la guía GTC 110 (Guía para la inspección visual de soldaduras).

Estas metodologías determinan que la inspección principal y la más importante que se debe realizar es la visual de las condiciones de cada elemento de la estructura del puente, el daño que está presente se evaluara por códigos el cual indicaran el daño que presenta las estructuras, para así tener subjetividad entre las prioridades que se presenten en el estudio.

El manual contiene una serie de herramientas prácticas que se pueden utilizar para obtener informes de daños encontrados durante una inspección visual, de modo que se pueda determinar el tipo, tamaño, gravedad y ubicación de los elementos afectados.

El uso de herramientas no destructivas tales como cinta métrica y/o flexómetro, fisurómetro de bolsillo, linterna, marcadores para resaltar fisuras, elementos de seguridad y compuesto químicos como la fenolftaleína para detección de carbonatación en la estructura, ayudara a la inspección y al análisis de las enfermedades encontradas (Figura 4) en toda la estructura [21].

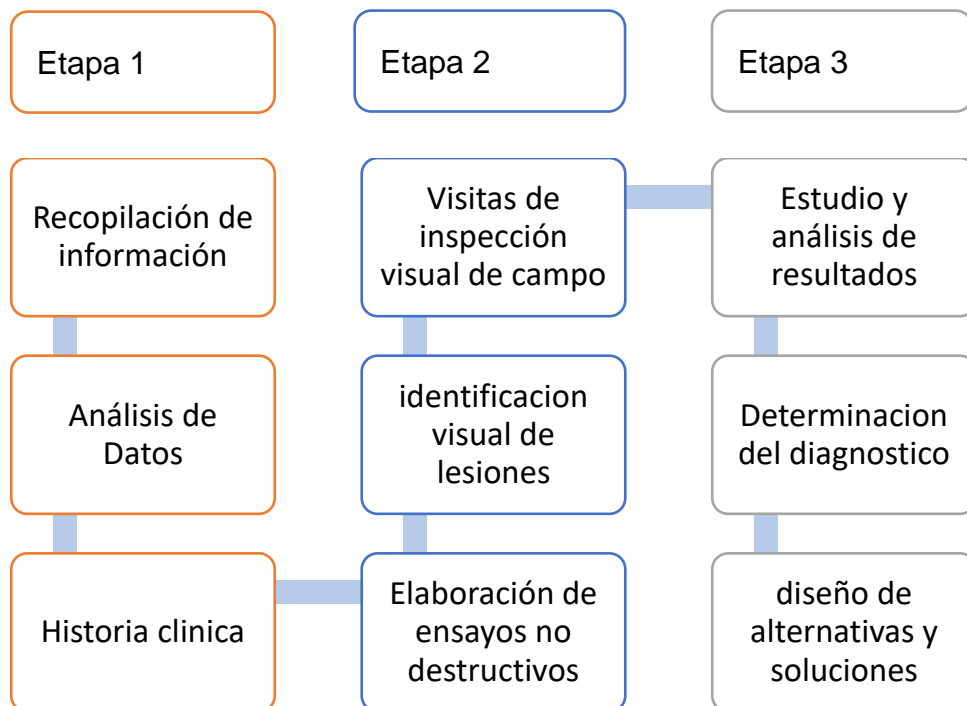


Figura 4 Metodología del Estudio patológico de puentes

Fuente: Propia

ETAPA 1 = INVESTIGACIÓN

- ✓ Se realizará visitas de inspección al puente para determinar el estado y propiedades físicas que se desconocen del puente, esta visita también ayuda al reconocimiento del entorno y corroborar la gran importancia que tiene este puente para el municipio de San Carlos de Guara.
- ✓ Levantamiento básico de la estructura y registro fotográfico para ilustrar y llevar un registro de las condiciones del puente verificando las patologías que este puede llevar e identificar que tanto ha sido afectado.
- ✓ Identificación visual de lesiones para desarrollo de fichas.
- ✓ Diagnóstico preliminar del estado de la estructura, y recomendaciones con respecto a las actividades a seguir.

ETAPA 2 = DIAGNÓSTICO

- ✓ Levantamiento detallado de la estructura utilizando el material recolectado en la etapa de investigación.
- ✓ Elaboración de ensayos no destructivos para verificación del avance e identificación de patologías activas.
- ✓ Identificación y análisis de las lesiones presentes en toda la estructura del puente para su debida interpretación y solución, teniendo en cuenta el grado de complejidad presente.

ETAPA 3 = INTERVENCIÓN

- ✓ Estudio y análisis de la información recopilada y resultados de los ensayos.
- ✓ Determinación del diagnóstico definitivo mediante la elaboración de fichas en el cual su función principal es la identificación de patologías, causas y efectos que estas tienen en el funcionamiento de la estructura.
- ✓ Diseño de la alternativa y soluciones.

8. ETAPA 1

8.1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Puente vehicular en concreto reforzado de tres luces, construido por el sistema de arcos metálicos autoportantes como se pueden apreciar en la Figura 5, con trazado recto tanto en planta como en alzado. La sección transversal es de 8.7 m conformado por dos carriles de 3.6 m cada uno y bermas de seguridad de 0.7 m en cada sentido. En cada costado el puente cuenta con pasarelas peatonales de 1.0 m de ancho en todo lo largo. Presenta una infraestructura de pilas en forma de “V” apoyadas sobre un dado, el cual a su vez se apoya sobre seis pilotes de 25.0 m de longitud.

Se encuentra ubicado dentro el municipio de San Carlos de Guaroa en las coordenadas 3°42'22.86"N, 73°14'19.84"O, en cima del rio Guamal con una dirección de corriente Este a Oeste.



Figura 5 Arco superior de estructura mixta
Fuente: Propia

8.2. ELEMENTOS Y EQUIPOS

El equipo que se usó para el desarrollo de la inspección preliminar del puente se contempló de la siguiente manera:

- ✓ Cámara fotográfica y video digital (celular de 48 megapíxeles, Figura 6): El uso de equipos de registro de imágenes y videos es indispensable para evidenciar las enfermedades presentes en la superestructura, elementos de la subestructura, cimentación y cauce.



Figura 6 Celular
Fuente: Propia

- ✓ Flexómetro: Para mediciones de elementos y estudios detallados (Figura 7).



Figura 7 Flexómetro
Fuente: Propia

- ✓ Fisurómetro de bolsillo: Herramienta muy importante para verificaciones de máxima separación de fisuras (Figura 8) para corroborar el cumplimiento de los parámetros máximos permisibles presente en el manual de inspección visual de puentes y pontones del INVIAS.



Figura 8 Fisurómetro
Fuente: Propia

- ✓ Grabadora (celular): el uso de elementos de grabación ayuda y facilita en la toma de datos en situaciones donde no es posible la toma de apuntes.
- ✓ Crayolas o marcador para resaltar fisuras: El uso de herramientas de marcado es importante para evidenciar y ubicar rápidamente las fisuras y demás patologías que se presentan en el puente.
- ✓ Elementos de seguridad: Estos elementos son importantes para prevalecer la seguridad de las personas que se encuentren desarrollando las investigaciones de patologías (Figura 9), para este caso, el autor de la tesis.



Figura 9 Elementos de seguridad
Fuente: Propia

- ✓ Fenolftaleína: Elemento químico usado para detectar presencia de carbonatación (Figura 10).



Figura 10 Fenolftaleína
Fuente: Propia

8.3. LOCALIZACIÓN E IDENTIFICACIÓN TERRITORIAL

El proyecto se encuentra ubicado sobre el rio Guamal en el municipio de San Carlos de Guaroa, este municipio colombiano se localiza en el departamento del meta como se muestra en la Figura 11 siendo caracterizado por la gran producción de productos derivados de la palma.

El municipio se encuentra con 4 unidades de especial impacto como lo son:

- Inspección de Surimena: Conformada por las veredas Patagonia, Surimena y Giramena
- Inspección la palmera: Comprende las veredas de Palmeras, San José de las Palomas, Pesqueros, y Peñuelas
- Inspección Rincón de Pajure: comprendida por veredas infantiles [22].

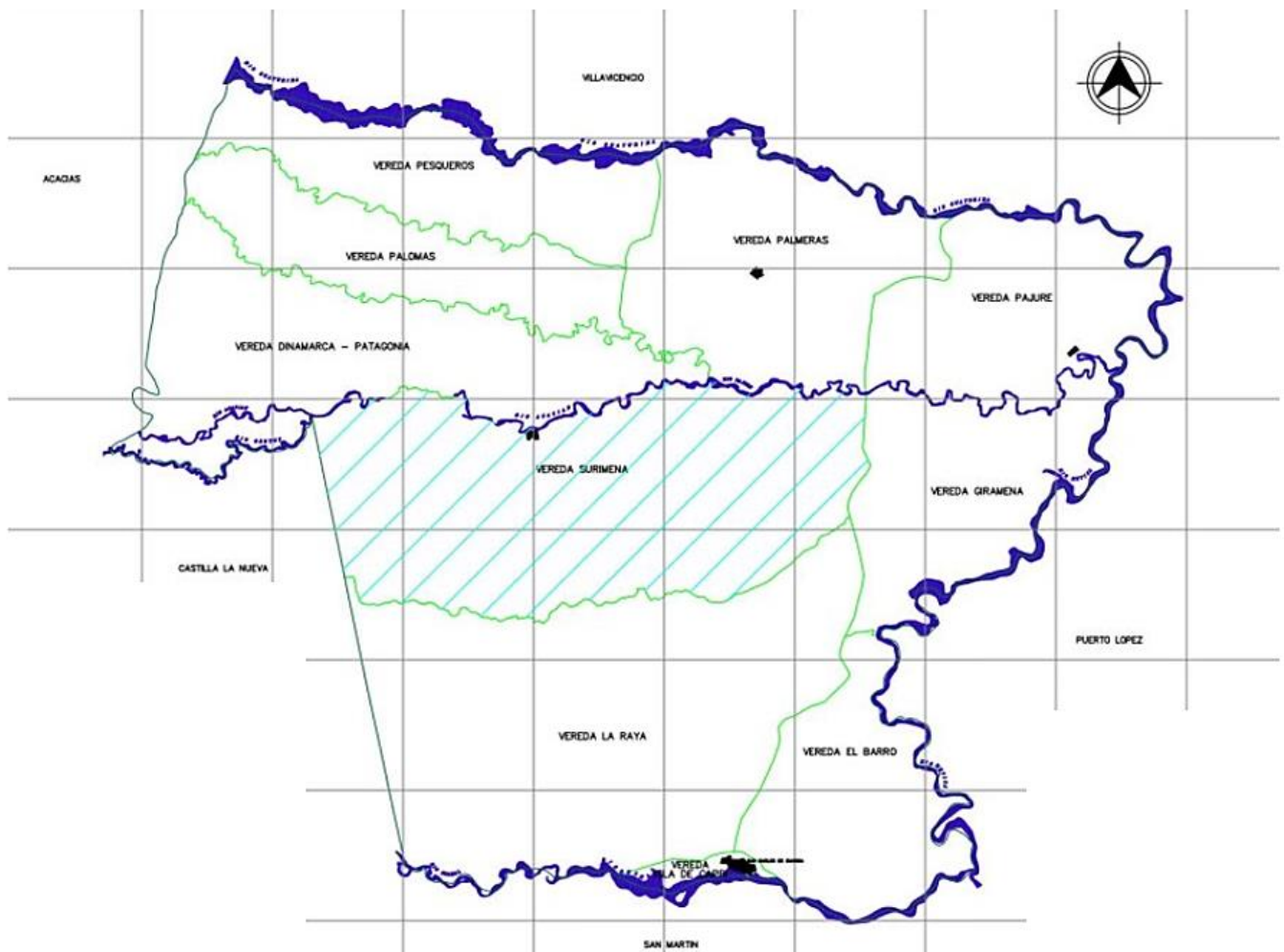


Figura 11 Mapa territorial San Carlos de Guaroa

Fuente:

Alcaldía San Carlos de Guaroa

El instituto nacional de vías indica el uso de códigos territoriales (Tabla 1) para la ubicación del proyecto, para este proyecto el puente tiene como identificación territorial 16 por encontrarse en el municipio de San Carlos de Guaroa ubicado dentro del departamento del Meta.

CÓDIGO	TERRITORIAL	CÓDIGO	TERRITORIAL
1	ANTIOQUIA	14	HUILA
2	ATLANTICO	15	MAGDALENA
3	BOLIVAR	16	META
4	BOYACA	17	NARINO
5	CALDAS	18	NORTE DE SANTANDER
6	CAQUETA	19	PUTUMAYO
7	CASANARE	20	QUINDIO
8	CAUCA	21	RISARALDA
9	CESAR	22	SANTANDER
10	CHOCO	23	SUCRE
11	CORDOBA	24	TOLIMA
12	CUNDINAMARCA	25	VALLE
13	GUAJIRA	26	OCANA

Tabla 1 Codificación de territoriales según el INVIAS
Fuente: INVIAS

8.4. IDENTIFICACIÓN DE LA ESTRUCTURA

Según el INVIAS la estructuración transversal o longitudinal del puente se debe registrar con el código encontrado en las tablas Tabla 2 y Tabla 3:

CÓDIGO	TIPO DE PUENTE
01	Losa sobre vigas
02	Losa simplemente apoyada
03	Viga Cajón
04	Armadura de paso superior
05	Armadura de paso inferior
06	Arco Superior
07	Arco Inferior

Tabla 2 Tipo de Puente según estructuración transversal
Fuente: INVIAS

CÓDIGO	TIPO DE PUENTE
01	Vigas simplemente apoyadas
02	Vigas continuas
03	Puente colgante
04	Puente atirantado
05	Pórtico
06	Box culvert

Tabla 3 Tipo de Puente según estructuración continuas
Fuente: INVIAS

9. ETAPA 2

9.1. VISITA DE INSPECCIÓN Y ELEMENTOS PRELIMINARES

Las visitas de inspección inicial que se realizó para el análisis de las patologías presentes en el puente se hicieron los días 10,17 y 24 de agosto, 14 de septiembre, del 2019, 16 de noviembre, 7 - 14 y 28 de diciembre, 15 y 22 de febrero, permitiendo así un levantamiento básico de la estructura y la toma del registro fotográfico.

De igual manera se procedió a identificar las lesiones que se encuentran en la estructura, caracterizando el tipo de daño que estas tienen.

Posteriormente, se hizo el estudio y evaluación de los daños encontrados junto con su diagnóstico preliminar.

Una de las fases más importante para la conservación de las obras está constituido por la inspección de elementos y daños, en este apartado se dividirá los procesos de inspección según su clasificación o grupo estructural mostrados en la Figura 12 Grupo estructural, cabe destacar que los diagnósticos que se presentaran a continuación no son los definitivos ya que se evidencia la inspección preliminar.

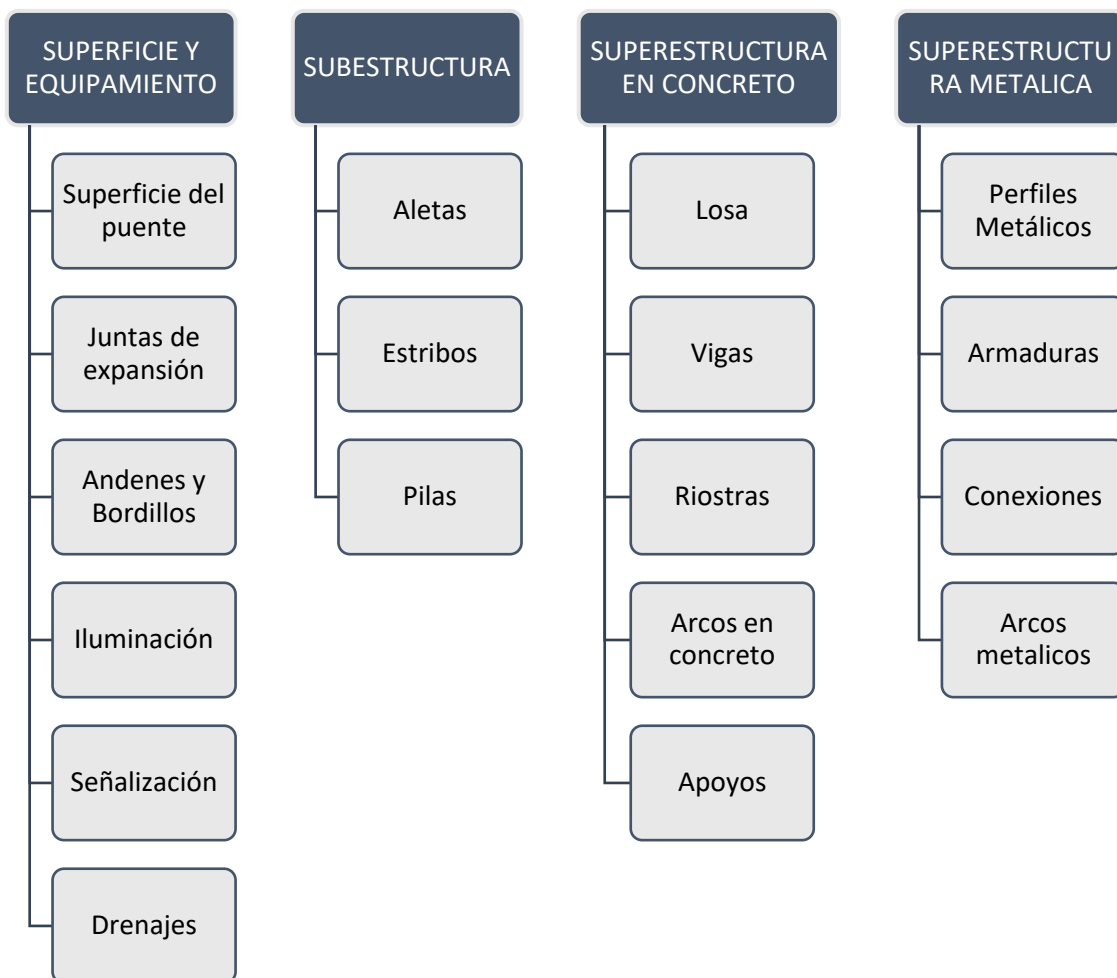


Figura 12 Grupo estructural
Fuente: Propia

9.1.1. SUPERFICIE Y EQUIPAMIENTOS

La superficie del puente se encuentra conformado por asfalto en todo el trayecto, se indica el código establecido por el INVIAS según el tipo de superficie del puente (Tabla 4).

CÓDIGO	TIPO DE SUPERFICIE
01	Asfalto
02	Concreto
03	Afirmado
04	Metálica
00	Otra

Tabla 4 Clasificación de superficie del puente
Fuente: INVIAS

El puente no presenta condiciones desfavorables en la estructura superficial ni de sus accesos, no se evidencia patologías como fisuras, deformaciones, desprendimientos y daños superficiales (Figura 13).



Figura 13 Superficie del puente
Fuente: Propia

9.1.2. JUNTAS DE EXPANSIÓN

Siendo una estructura de unión entre dos partes de una estructura encargada de no dejar producir esfuerzos no considerados en el diseño y dimensionamiento de la estructura ocasionando deformaciones y daños, el INVIAS indica en la Tabla 5 los códigos para su debida clasificación.

CÓDIGO	TIPO DE JUNTA DE EXPANSIÓN
01	Juntas abiertas
02	Juntas selladas
03	Juntas de placa dentada
04	Juntas de placa deslizante
00	Otra

Tabla 5 Clasificación de las juntas de expansión
Fuente: INVIAS

Se evidencia los estados de los elementos.

- ✓ Tipo de daño en el sello OB (Figura 14): Presencia de material que obstruye e impide el movimiento de la estructura y la penetración del agua hacia los apoyos del puente



Figura 14 Daño tipo OB en juntas de expansión
Fuente: Propia

- ✓ Tipo de daño en los guardacantos DGG, DPG, FIG (Figura 15): Desgaste (DGG) en algunas zonas ocasionadas por fuerzas cortantes, presencia de fisuras (FIG) y desportillamientos (DPG) de menor grado.



Figura 15 Daños tipo DGG, DPG, FIG en juntas de expansión
Fuente: Propia

- ✓ Tipo de daño en los perfiles metálicos PD, PS (Figura 16): Se evidencia daños en el elemento tales como agrietamientos, perfiles defectuosos (PD) o perfiles sueltos (PS).



Figura 16 Daños tipo PD, PS en juntas de expansión
Fuente: Propia

9.1.3. ANDENES Y BORDILLOS

Esta estructura se encuentra dimensionada con una altura 10 cm de alto por 12 de ancho, al realizar tomas en varios puntos no presentó patologías de gran riesgo como lo son exposición de aceros de refuerzo, corrosión del mismo, desportillamientos o agrietamientos como se evidencia en la Figura 17, estructuras de este tipo evita que tanto el agua como los vehículos invadan la acera y ocasionen daños estructurales.



Figura 17 Bordillo
Fuente: Propia

9.1.4. BARANDAS

El puente presenta barandas de tipo 03 según lo indica la Tabla 6 estipulada por el INVIAS.

CÓDIGO	TIPO DE BARANDA
01	Mampostería
02	Concreto
03	Metálica
04	Pasamanos metálicos y postes en concreto
00	Otra

Tabla 6 Tipo de Baranda
Fuente: INVIAS

Para la inspección de la baranda se presenta la descripción del estado patológico de cada uno de los elementos que la conforman.

- ✓ Tipo de daño en la Pintura DE, AUP, DT (Figura 18): Mal estado de la pintura ocasionado por la usencia de mantenimiento y condiciones ambientales a los cuales la estructura se encuentra expuesta, presenta delaminación de pintura (DE), ausencia de la misma (AUP) y deterioro (DT).



Figura 18 pintura en las barandas
Fuente: Propia

- ✓ Tipo de daño en los pasamanos COP (Figura 19): Presencia de pequeñas corrosiones (COP) en ciertas áreas de las barandas.



Figura 19 Oxidación en barandas
Fuente: Propia

9.1.5. ILUMINACIÓN

Por medio de la

Figura 20 se evidencia la falta de iluminación en todo el transcurso del puente, el mal estado de los focos y lámparas genera ausencia de iluminación y seguridad para sus transeúntes; cableado eléctrico dañado causado por el mal uso y ausencia de mantenimiento.



Figura 20 Falta de iluminación
Fuente: Propia

9.1.6. SEÑALIZACIÓN

El uso de las señales del puente tiene una gran influencia e importancia porque le permite al conductor conocer la dirección de la carretera en la que está viajando, mantener o reducir la velocidad, y cuando puede pasar a otro automóvil, la capacidad de carga del puente, giros permitidos o prohibidos y otros signos vitales para evitar accidentes con graves consecuencias, todo lo cual es para proteger la estructura.

No se presenta ningún tipo de señalización (Figura 21).



Figura 21 Falta de señalización
Fuente: Propia

9.1.7. DRENAJES

Para esta inspección se verificó los drenajes transversales, de acuerdo con el Código Colombiano de Diseño Sísmico de Puentes, el drenaje transversal debe ser suficientes en número y tamaño para evacuar adecuadamente las cunetas, la correcta disposición de los drenajes del tablero evitara la descarga del agua sobre los elementos de la estructura del puente

El puente presenta 45 tubos en cada dirección de la vía para el drenaje transversal presentes en el tablero del puente, 29 en mal estado ocasionado por falta de tratamiento y mal uso, en total existen 90 de tubos para drenaje siendo suficiente para evacuar adecuadamente la deposición de aguas en la superficie del puente, se evidencia la comparación de los distintos estados del drenaje en la Figura 22.



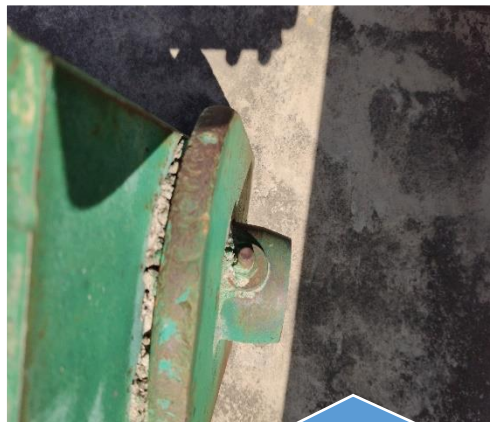
Figura 22 Estado del drenaje transversal
Fuente: Propia

9.1.8. APOYOS ESTRUCTURALES

Los apoyos presentes en la Figura 23 requieren de una inspección detallada ya que estas estructuras contienen altos esfuerzos y contaminantes que genera daños en esta estructura, tales como: desplazamientos (DZ), deformaciones (DF), descomposición (DC).

Para la inspección visual de los apoyos se consideraron los siguientes aspectos:

- Inspeccionar dispositivos de apoyo.
- Comprobar si las tuercas de los pernos de anclaje están instaladas correctamente en el soporte, si el soporte móvil se ha lubricado, limpiado y puede moverse libremente.
- Verificar que los apoyos metálicos no presenten evidencia de corrosión.
- En apoyos de concreto se verifica que no presenten fisuras o descascaramiento en la base de los estribos o en los cabezales de las pilas donde se apoyen las vigas.



Arco superior en acero

- Presencia de oxidación en los pernos de apoyos de acero
- Presencia de agentes contaminantes y material que impide la correcta movilidad de la estructura ocasionando daños de tipo DZ



Apoyos de la super estructura en concreto

- Presencia de material orgánico
- Presencia de humedad y eflorescencia ocasionando daños de tipo DC
- Verificar si hay fisuras en los apoyos de la super estructura

Figura 23 Apoyos
Fuente: Propia

9.1.9. ALETAS Y ESTRIBOS

La estructura presenta el tipo de material 03 según lo estipula el invias en la Tabla 7 siendo este el material predominante.

CÓDIGO	TIPO DE MATERIAL
01	Mampostería
02	Concreto ciclópeo
03	Concreto reforzado
04	Acero
05	Acero y concreto
06	Tierra armada

Tabla 7 Tipo de material en Aletas y Estribos
Fuente: INVIAS

Se realizó inspección minuciosa poniendo especial atención en las zonas visibles de la cimentación, cuerpo del estribo, muros de acompañamiento de las aletas (muros de contención), concreto expuesto.

Se encontraron las siguientes patologías en diversas partes de la estructura los cuales son:

- Fisuras y deterioro en el concreto.
- Problema en el concreto expuesto (segregación, hormigueros, juntas frías inadecuadas, material orgánico, carbonatación).

9.1.10. PILAS

Mediante esta estructura se trasmite las cargas de la superestructura a la cimentación y proporcionan apoyos intermedios entre los estribos, dando estabilidad al puente, las pilas se encuentran conformadas por un total de 4 columnas rectangulares (Figura 24).



Figura 24 Pilas
Fuente: Propia

Se inspecciono de forma detallada las zapatas para verificar posibles problemas de socavación, en el concreto expuesto se verificó la existencia de fisuras, indicios de corrosión en la armadura de refuerzo y deterioros superficiales en el concreto.

Las patologías presentadas en las pilas (Figura 25) se enuncian a continuación.

- Fisuras en el concreto provocadas por corrosión del refuerzo.
- Problemas en el concreto expuesto (agrietamientos, material orgánico, lixiviación, carbonatación, eflorescencia).
- Problemas de humedad debido a drenajes.



Figura 25 Patología en pilas
Fuente: Propia

Se especifica el código correspondiente al tipo de pilas de la estructura y el código asignado a la forma de la sección transversal de la pila de acuerdo con la clasificación que se presenta las tablas Tabla 8 y Tabla 9 del INVIAS:

CÓDIGO	TIPO DE PILA
01	Formada por 1 columna
02	Formada por 2 o más columnas
03	Torre metálica
04	Mástil
00	Otra

Tabla 8 Tipo de pilas
Fuente: INVIAS

CÓDIGO	FORMA DE PILA
01	Circular
02	Rectangular
00	Otra

Tabla 9 Sección Transversal de las pilas
Fuente: INVIAS

9.1.11. LOSA, VIGAS Y RIOSTRAS

Las losas de concreto se revisaron comprobando la presencia de fisuras, descascaramiento, infiltración del agua junto con su deterioro. La identificación de los daños existentes sobre la superficie del puente es de gran importancia para el análisis y derivar comportamientos futuros generalmente por los patrones de fisuramiento sobre las superficies asfálticas indicando los daños en la losa.

Las vigas de concreto y riostras deberán examinarse para comprobar que no existan daños importantes, desintegración del concreto o deflexiones excesivas.

El código asignado a la forma de la sección transversal de las vigas de acuerdo con la clasificación que indica el INVIAS se presenta en las Tabla 10, Tabla 11 y Tabla 12.

CÓDIGO	TIPO DE LOSAS
01	Prefabricadas
02	Prelosa + losa fundida in situ
03	Celulares
04	Macizas
00	Otra

Tabla 10 Tipo de losas
Fuente: INVIAS

CÓDIGO	TIPO DE VIGAS
01	Reforzadas
02	Preestorzadas
03	Postensadas
00	Otra

Tabla 11 Tipo de viga
Fuente: INVIAS

CÓDIGO	SECCIÓN TRANSVERSAL
01	Sección constante
02	Sección variable
00	Otra

Tabla 12 Sección transversal en vigas
Fuente: INVIAS

Entre las fallas más comunes detectadas en superestructuras de concreto se tienen las siguientes.

- Pérdida o falta del concreto (Figura 26) de recubrimiento en losas, vigas y riostras.



Figura 26 Falta de concreto de recubrimiento en losas, vigas y riostras
Fuente: Propia

- Fisuración y corrosión de acero de refuerzo (Figura 27) por indicios de manchas de oxido en el concreto presente en las vigas y riostras.



Figura 27 Corrosión en vigas y riostras
Fuente: Propia

- Deficiencias en la construcción en la losa presentes en la Figura 28 (segregación, hormigueros, juntas frías, exposición de armadura).



Figura 28 Deficiencia de construcción en losa
Fuente: Propia

- Fisuración por deficiencia estructural y posible socavación en pilas (Figura 29).



Figura 29 Fisuras por Torsión en vigas
Fuente: Propia

- Deterioro en el concreto expuesto por drenajes inadecuados (Figura 30).



Figura 30 Humedad y deterioro del concreto
Fuente: Propia

9.1.12. ELEMENTOS DE ARCO

Para el análisis patológico del presente puente se identificó como un elemento de arco de Tipo 07, arco superior por medio del cual se realizó la debida inspección según lo indica el Manual de Inspección Visual del INVIAS por lo que esta inspección hace referente únicamente a los puentes identificados como Tipo 06, arco inferior o Tipo 07 de arco superior.

El arco superior del puente está hecho en concreto reforzado y a su vez se encuentra conformado por una estructura mixta (concreto y metal, Figura 31), generalmente los puentes de estructura transversal de arco superior suelen ser puentes metálicos.



Concreto
Reforzado



Estructura Mixta

Figura 31 Arco superior
Fuente: Propia

Los daños encontrados en las superestructuras tipo arco son los siguientes:

Arcos Metálicos

- Corrosión (Figura 32).



Figura 32 Corrosión y degradación en aceros en elemento tipo Arco
Fuente: Propia

- Deficiencias en la soldadura (Figura 33).



Figura 33 Soldadura en elemento tipo Arco
Fuente: Propia

- Pintura deteriorada (Figura 34).



Figura 34 Deterioro en la pintura en elemento tipo Arco
Fuente: Propia
Arcos de Concreto

- Fisuración en las bóvedas (Figura 35).



Figura 35 Fisuración de bóveda
Fuente: Propia

- Ausencia o pérdida del recubrimiento junto con fisuración de alta gravedad en bóveda (Figura 36).



Figura 36 Perdida del recubrimiento y fisura de alta gravedad con espesor de
Fuente: Propia

- Exposición del acero de refuerzo y corrosión del mismo (Figura 37).



Figura 37 Exposición y corrosión del acero de refuerzo
Fuente: Propia

- Filtraciones y eflorescencias (Figura 38).



Figura 38 Filtración y eflorescencia
Fuente: Propia

- Concreto deteriorado (Figura 39).



Figura 39 Concreto deteriorado
Fuente: Propia

9.2. INSPECCIÓN DE SOLDADURAS

El estándar utilizado para la inspección visual de soldaduras es GTC 110, que describe la premisa básica para que el personal realice inspecciones visuales de soldaduras. Estos requisitos previos incluyen limitaciones o habilidades físicas, así como conocimientos técnicos, capacitación, experiencia, juicio y certificación de personal.

Esta inspección visual se divide en tres tipos de inspección según el tiempo de ejecución: (1) antes de soldar, (2) durante la soldadura y (3) después de la soldadura. De esta manera, como estructura que se ha construido y utilizado, se establece una inspección de tipo (3), es decir, inspección después de la soldadura.

9.2.1. DESPUÉS DE LA SOLDADURA

Después de soldar, el inspector visual debería prestar atención a algunos ítems típicos que incluyen lo siguiente:

- Examen de la calidad de la superficie soldada.
- Verificación de las dimensiones de la soldadura.
- Verificación de la exactitud dimensional.
- Revisión de los requisitos subsiguientes.

9.2.2. EXAMEN DE LA CALIDAD DE LA SUPERFICIE SOLDADA

Se inspeccionó visualmente la superficie de la soldadura y se verifica que la concavidad y convexidad del contorno de la soldadura reúnan los criterios de aceptación, como:

- Porosidad.
- Fusión incompleta.
- Penetración incompleta de la unión.
- Socavado.
- Concavidad.
- Traslapadura.
- Grietas.
- Inclusiones metálicas y no metálicas.
- Sobremonta excesiva.

9.2.3. POROSIDAD

El orificio de aire en la soldadura es una parte discontinua en la cavidad, que se forma durante el proceso de solidificación o cuando el gas queda atrapado en el tanque de pulverización térmica como se muestra en la Figura 40. Las discontinuidades son generalmente esféricas, pero pueden ser alargadas. Una causa común de sopletes es la contaminación durante la soldadura.

Debido a que el orificio de soplado es un fenómeno patológico en la soldadura, no se considera dañino para la estructura porque no exhibe una concentración de tensión severa. Al determinar los parámetros de soldadura, el material de soldadura o la preparación de la junta no se controlan adecuadamente para el proceso de soldadura, la porosidad es crítica.

Existen 5 tipos de porosidad presentes en las soldaduras:

- Porosidad tubular.
- Porosidad agrupada.
- Porosidad alineada.
- Porosidad dispersa.
- Porosidad alargada.

Se encontró porosidad tubulares y porosidad alineadas en algunas soldaduras presentes en el arco superior de tipo mixto.

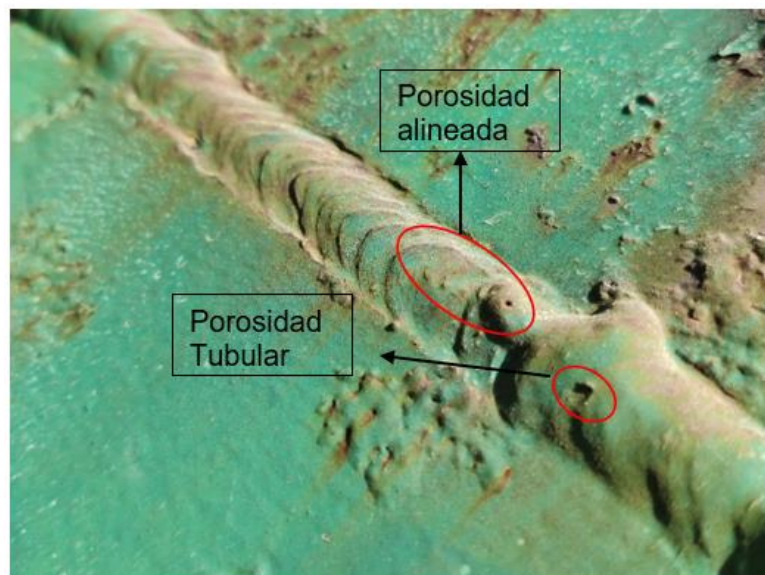


Figura 40 Soldadura con porosidad tubular y alineada
Fuente: Propia

9.2.4. FUSIÓN INCOMPLETA

La fusión incompleta se trata de una discontinuidad de la soldadura, en la cual la fusión no ocurrió correctamente entre el metal de aporte y las caras de fusión o también llamadas entrepases siendo esto un resultado de técnicas inapropiadas de soldadura (espacio entre los puntos de soldaduras, Figura 41).

Esta patología puede ocurrir por calor insuficiente de la soldadura, la falta de acceso a los entrepases de fusión, si la zona de fusión no se limpia adecuadamente, los óxidos adheridos pueden impedir la fusión completa.



Figura 41 Fusión incompleta entre pases de soldadura
Fuente: Propia



Figura 42 Fusión incompleta
Fuente: Propia

10. ETAPA 3

10.1. PLANTILLAS Y RESULTADOS

Después de las visitas de inspección realizadas en campo en la localidad de San Carlos de Guaroa ubicado en el departamento, la toma fotografía de las patologías encontradas y el análisis y estudio de la importancia estructural de cada elemento que conforman la superficie, la super estructura en concreto y metal se procede al análisis y estudio de riesgo e impacto que estas tienen en las mismas.

Para realzar la calificación del sistema estructural se procede a la consulta de tesis y proyectos basadas en el estudio patológico de estructuras en concreto y profesionales tales como el director de tesis, con el fin de generar una evaluación previa de acuerdo a la calificación técnica de los ingenieros civiles consultados.

Se presenta las fichas técnicas correspondiente al diagnóstico realizado y la evaluación de cada uno de los elementos y características del puente vehicular ubicado sobre el Rio Guamal en el municipio de San Carlos de Guaroa.

INSPECCIÓN Y PATOLOGÍA DE LA ESTRUCTURA


INSPECCIÓN Y PATOLOGÍA DE LA ESTRUCTURA									
Localización: Puente vehicular sobre el rio Guamal en el municipio de San Carlos de Guaroa									
Estructura: Concreto Reforzado, Carpeta Asfáltica en la zona vehicular					Ficho No				
AÑO CONSTRUIDO 2007	USO: Vehicular	HISTORIA CLÍNICA 01	ELABORO Jairo Cárdenas Bernate	01					
				FECHA					
			14	04	20				
CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES									
Sistema estructural en cada sentido y material del cual está constituido									
Calidad	1-3 Malo	4-6 Medio	7-9 Bueno						
Vigas			4						
Pilas			4						
Carpeta Asfáltica			7						
Barandas			6						
Arco superior			3						
Bordillos			7						
Aceros de refuerzos			3						
DESCRIPCIÓN									
Carriles			2						
Ancho			3.6						
Longitud			215 m aprox						
Observaciones: sección transversal del puente- Viga continua									
SUPERESTRUCTURAS									
Estado	La estructura se encuentra en un estado medio, evidenciando patologías en él.								
Desagües	En mal estado ya que se encuentran taponadas por falta de mantenimiento ocasionando diversas patologías								
Calidad de los Materiales y Uniones									
Concreto			Media						
Acero			Media baja						
Unión de elementos			Media						
Calificación Preliminar Calidad Estructura			Bueno		Regular	<input checked="" type="checkbox"/>	Mao		

Tabla 13 Ficha # 01
Fuente: Propia

PATOLOGÍAS

Fotografía	Descripción					
Lesión	Ficha No	02	Fecha	14/04/20	04/04/20	20
	Elaboro:	<i>Jairo Cárdenas</i>				
	Tipo:	<i>Físico, Químico</i>				
	Lesión:	<i>Humedad, suciedad</i>				
	Materia l:	<i>Concreto</i>				
	Lugar:	<i>Arco Superior</i>				
	<u>Características y síntomas</u>					
	<i>Se presenta humedad en todo el Arco Superior de la estructura, junto con fisuras</i>					
	<u>Investigación y/o ensayos</u>					
	<i>Inspección Visual, Patologías físicas y químicas en la estructura</i>					
	<i>Observaciones: El uso de drones fue necesario para la inspección visual de estas enfermedades.</i>					
<u>Análisis de la causa</u>						
<i>Del efecto Fisuras y material orgánico producto de la abundante humedad presentes en los 3 arcos del puente.</i>						
<i>De la causa Aparición de musgo por efecto de la humedad, los rizoides del musgo pueden penetrar en el concreto o el mortero hasta 10 mm y ocasionan una abundante red de filamentos en el interior de la masa, causando fisuras y grietas. Fisuras al inicio de algunos Arcos del puente ocasionado por esfuerzos de flexión por errores de cálculo o por acción de la humedad.</i>						
<u>TRATAMIENTO O REPARACIÓN</u>						
<i>Se recomienda hacer mantenimiento y limpieza periódica general de la estructura, aplicar una mezcla de pasta sobre los poros y fisuras presentes en el concreto.</i>						
<u>PRESERVACIÓN</u>						
<i>Se debe realizar mantenimiento preventivo mediante limpieza y lavado de la estructura en concreto.</i>						

Tabla 14 Ficha # 02
Fuente: Propia

PATOLOGÍAS


Fotografía	Descripción					
Lesión	Ficha No	02	Fecha	14	04	20
	Elaboro:	<i>Jairo Cárdenas</i>				
	Tipo:	<i>Físico, Químico</i>				
Lesión:	<i>Humedad, suciedad</i>					
Material:	<i>Concreto</i>					
Lugar:	<i>Arco Superior</i>					
<u>Características y síntomas</u>						
Se observan imperfecciones en el acabado del recubrimiento en concreto de la viga junto con la presencia de humedad						
<u>Investigación y/o ensayos</u>						
Inspección Visual, Patologías físicas y químicas en la estructura						
Observaciones: Se observa humedad y un defecto en el concreto llamado hormigueo.						
<u>Análisis de la causa</u>						
Del efecto						
Debido al hormigueo es posible que se presenten filtraciones en el recubrimiento del concreto y presencia de humedad lo que ocasionaría fisuras.						
De la causa						
<ul style="list-style-type: none"> • El efecto de Hormigueo es debido a la falta de compactación en su etapa de construcción • Fisuración de concreto a causa de la humedad y filtración del agua a causa de precipitaciones 						
<u>TRATAMIENTO O REPARACIÓN</u>						
Se recomienda hacer mantenimiento y limpieza periódica general de la estructura, aplicar una mezcla de pasta sobre los poros y fisuras presentes en el concreto.						
<u>PRESERVACIÓN</u>						
Se debe realizar mantenimiento preventivo mediante limpieza y lavado de la estructura en concreto.						

Tabla 15 Ficha # 03

Fuente: Propia

PATOLOGÍAS


Fotografía	Descripción					
Lesión	Ficha No	02	Fecha	14	04	20
	Elaboro: <i>Jairo Cárdenas</i>					
Tipo: <i>Químico</i>						
Lesión: <i>Carbonatación</i>						
Material: <i>Concreto</i>						
Lugar: <i>Arco Superior</i>						
<u>Características y síntomas</u>						
<i>Fisuras, grafitis y carbonatación</i>						
<u>Investigación y/o ensayos</u>						
<i>Inspección Visual, Patologías físicas y químicas en la estructura</i>						
Observaciones: <i>Uso de registro fotográfico y de Fenolftaleína para la caracterización de la carbonatación</i>						
<u>Análisis de la causa</u>						
<i>Del efecto</i>						
<i>Es una de las principales causas del deterioro en el concreto</i>						
<i>Causante de la fisuración y desintegración del concreto a causa de la disminución del pH (menor a 12)</i>						
<i>De la causa</i>						
<ul style="list-style-type: none"> • <i>El aumento de carbonatación depende, en gran medida, del contenido de humedad y permeabilidad del concreto</i> • <i>La reacción de carbonatación avanza más rápidamente cuando la humedad relativa en el concreto se encuentra entre 50 y 55 por ciento</i> 						
<u>TRATAMIENTO O REPARACIÓN</u>						
<i>Se recomienda realizar protección catódica (PC) o realizar la realcalinización.</i>						
<u>PRESERVACIÓN</u>						
<i>Aplicar recubrimientos anticarbonatación en el concreto para retener el ingreso de del dióxido de carbono, realizar inspecciones periódicas para su prevención.</i>						

Tabla 16 Ficha # 04

Fuente: Propia

PATOLOGÍAS

Fotografía	Descripción					
Lesión	Ficha No	02	Fecha	20	04	20
	Elaboro:	<i>Jairo Cárdenas</i>				
	Tipo:	<i>Físico, Químico</i>				
	Lesión:	<i>Carbonatación</i>				
	Material:	<i>Concreto</i>				
	Lugar:	<i>Arco Superior</i>				
	<u>Características y síntomas</u>					
	<i>Fisuras, grafitis y carbonatación</i>					
	<u>Investigación y/o ensayos</u>					
	<i>Inspección Visual, Patologías físicas y químicas en la estructura</i>					
	<i>Observaciones: Uso de registro fotográfico y de Fenoltaleína para la caracterización de la carbonatación</i>					
<u>Análisis de la causa</u>						
<i>Del efecto</i>						
<i>La carbonatación es una de las principales causas del deterioro en el concreto</i>						
<i>Causante de la fisuración y desintegración del concreto a causa de la disminución del pH (menor a 12)</i>						
<i>De la causa</i>						
<i>El aumento de la carbonatación depende en gran medida del contenido de humedad y la permeabilidad del hormigón. Cuando la humedad relativa del concreto está entre 50% y 55%, la reacción de carbonización procederá más rápido</i>						
<u>TRATAMIENTO O REPARACIÓN</u>						
<i>Se recomienda realizar protección catódica (PC) o realizar la realcalinización.</i>						
<u>PRESERVACIÓN</u>						
<i>Aplicar recubrimientos anticarbonatación en el concreto para retener el ingreso de del dióxido de carbono, realizar inspecciones periódicas para su prevención.</i>						

Tabla 17 Ficha # 05
Fuente: Propia

PATOLOGÍAS


Fotografía	Descripción					
Lesión	Ficha No	02	Fecha	20	04	20
	Elaboro: <i>Jairo Cárdenas</i>					
	Tipo: <i>Físico, Químico</i>					
	Lesión: <i>Carbonatación</i>					
	Material: <i>Concreto</i>					
	Lugar: <i>Arco Superior</i>					
	<u>Características y síntomas</u>					
	<i>Fisuras, grafitis y carbonatación</i>					
	<u>Investigación y/o ensayos</u>					
	<i>Inspección Visual, Patologías físicas y químicas en la estructura, deterioro y descomposición del concreto</i>					
	Observaciones: <i>Uso de registro fotográfico y de Fenolftaleína para la caracterización de la carbonatación</i>					
<u>Análisis de la causa</u>						
<i>Del efecto La carbonatación es una de las principales causas del deterioro en el concreto Causante de la desintegración del concreto a causa de la disminución del pH (menor a 12)</i>						
<i>De la causa</i> <ul style="list-style-type: none"> • <i>El aumento de la carbonatación depende en gran medida del contenido de humedad y la permeabilidad del hormigón.</i> • <i>Cuando la humedad relativa del concreto está entre 50% y 55%, la reacción de carbonización procederá más rápido</i> 						
<u>TRATAMIENTO O REPARACIÓN</u>						
<i>Se recomienda realizar protección catódica (PC) o realizar la realcalinización.</i>						
<u>PRESERVACIÓN</u>						
<i>Aplicar recubrimientos anticarbonatación en el concreto para retener el ingreso de del dióxido de carbono, realizar inspecciones periódicas para su prevención.</i>						

Tabla 18 Ficha # 06
Fuente: Propia

PATOLOGÍAS


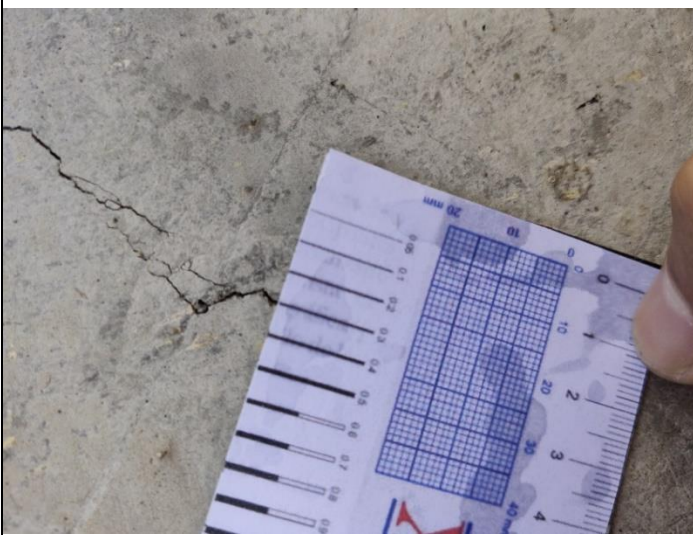
Fotografía	Descripción					
Lesión	Ficha No	02	Fecha	20	04	20
	Elaboro: <i>Jairo Cárdenas</i>					
Tipo: <i>Físico, Químico</i>						
Lesión: <i>Carbonatación</i>						
Material: <i>Concreto</i>						
Lugar: <i>Arco Superior</i>						
<u>Características y síntomas</u>						
<i>Fisuras y humedad</i>						
<u>Investigación y/o ensayos</u>						
<i>Inspección Visual, Patologías físicas y químicas en la estructura, fisuras en la estructura del concreto entre 0,1 y 0,3 mm</i>						
Observaciones: <i>Uso de registro fotográfico y regleta para medir espaciamiento de fisura</i>						
<u>Análisis de la causa</u>						
Del efecto <i>Las fisuras son las causantes de la filtración de agua y humedad al interior de la estructura ocasionando oxidación en acero y descascaramiento del concreto</i>						
	De la causa <ul style="list-style-type: none"> • <i>Las fisuras son producidas por un aumento de humedad</i> • <i>Deficiencia para la resistencia de cargas que soporta el puente</i> • <i>La carbonatación siendo uno de los mayores causantes de las patologías en este puente</i> 					
<u>TRATAMIENTO O REPARACIÓN</u>						
<i>Se recomienda aplicar lechadas, cementos o morteros; la impregnación de hormigón polimérico es una solución</i>						
<u>PRESERVACIÓN</u>						
<i>Se recomienda hacer mantenimiento y limpieza periódica general de la estructura ya que el manual de inspección visual del invias especifica que para ambientes húmedos las fisuras no son permisibles desde una abertura de 0.3mm</i>						

Tabla 19 Ficha # 07

Fuente: Propia

PATOLOGÍAS


Fotografía	Descripción																																																																																				
Lesión	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>Ficha No</td> <td>02</td> <td>Fecha</td> <td>20</td> <td>04</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>Elaboro:</td> <td colspan="5" style="text-align: center;"><i>Jairo Cárdenas</i></td> </tr> <tr> <td>Tipo:</td> <td colspan="5">Desgaste</td> </tr> <tr> <td>Lesión:</td> <td colspan="5">Carbonatación</td> </tr> <tr> <td>Material:</td> <td colspan="5">Concreto</td> </tr> <tr> <td>Lugar:</td> <td colspan="5">Arco Superior</td> </tr> <tr> <td colspan="6" style="text-align: center;"><u>Características y síntomas</u></td> </tr> <tr> <td colspan="6">Daño eléctrico</td> </tr> <tr> <td colspan="6" style="text-align: center;"><u>Investigación y/o ensayos</u></td> </tr> <tr> <td colspan="6">Inspección Visual, Patologías físicas.</td> </tr> <tr> <td colspan="6">Observaciones: Uso de registro fotográfico</td> </tr> <tr> <td colspan="6" style="text-align: center;"><u>Análisis de la causa</u></td> </tr> <tr> <td colspan="6"> <p><i>Del efecto</i> La falta de iluminación en las obras civiles afecta directa e indirectamente en la seguridad y confort de los ciudadanos que transitan y hacen uso de la misma.</p> </td> </tr> <tr> <td colspan="6"> <p><i>De la causa</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Desinterés de las autoridades pertinentes en la seguridad de sus ciudadanos. • El mal uso de las instalaciones presentes en el puente también es un factor crítico para el funcionamiento de la estructura </td> </tr> </table>	Ficha No	02	Fecha	20	04	20	Elaboro:	<i>Jairo Cárdenas</i>					Tipo:	Desgaste					Lesión:	Carbonatación					Material:	Concreto					Lugar:	Arco Superior					<u>Características y síntomas</u>						Daño eléctrico						<u>Investigación y/o ensayos</u>						Inspección Visual, Patologías físicas.						Observaciones: Uso de registro fotográfico						<u>Análisis de la causa</u>						<p><i>Del efecto</i> La falta de iluminación en las obras civiles afecta directa e indirectamente en la seguridad y confort de los ciudadanos que transitan y hacen uso de la misma.</p>						<p><i>De la causa</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Desinterés de las autoridades pertinentes en la seguridad de sus ciudadanos. • El mal uso de las instalaciones presentes en el puente también es un factor crítico para el funcionamiento de la estructura 					
Ficha No	02	Fecha	20	04	20																																																																																
Elaboro:	<i>Jairo Cárdenas</i>																																																																																				
Tipo:	Desgaste																																																																																				
Lesión:	Carbonatación																																																																																				
Material:	Concreto																																																																																				
Lugar:	Arco Superior																																																																																				
<u>Características y síntomas</u>																																																																																					
Daño eléctrico																																																																																					
<u>Investigación y/o ensayos</u>																																																																																					
Inspección Visual, Patologías físicas.																																																																																					
Observaciones: Uso de registro fotográfico																																																																																					
<u>Análisis de la causa</u>																																																																																					
<p><i>Del efecto</i> La falta de iluminación en las obras civiles afecta directa e indirectamente en la seguridad y confort de los ciudadanos que transitan y hacen uso de la misma.</p>																																																																																					
<p><i>De la causa</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Desinterés de las autoridades pertinentes en la seguridad de sus ciudadanos. • El mal uso de las instalaciones presentes en el puente también es un factor crítico para el funcionamiento de la estructura 																																																																																					
																																																																																					
<u>TRATAMIENTO O REPARACIÓN</u>																																																																																					
Se recomienda realizar la conexión eléctrica del puente con el fin de brindar seguridad a los ciudadanos.																																																																																					
<u>PRESERVACIÓN</u>																																																																																					
Se recomienda realizar mantenimiento y seguimiento de las conexiones.																																																																																					

Tabla 20 Ficha # 08
Fuente: Propia

PATOLOGÍAS


Fotografía	Descripción					
Lesión	Ficha No	02	Fecha	20	04	20
	Elaboro: <i>Jairo Cárdenas</i>					
	Tipo: <i>Físico, Químico</i>					
	Lesión: <i>Carbonatación</i>					
	Material: <i>Concreto</i>					
	Lugar: <i>Arco Superior</i>					
	<u>Características y síntomas</u>					
	<i>Exposición de acero de refuerzo, grietas y fisuras</i>					
	<u>Investigación y/o ensayos</u>					
	<i>Inspección Visual, Patologías físicas y Químicas, acero de refuerzo expuesto, discontinuidad del concreto</i>					
	<i>Observaciones: Uso de registro fotográfico</i>					
<u>Análisis de la causa</u>						
<i>Del efecto</i>						
<i>La exposición de acero de refuerzo de una obra civil tiene gran impacto en el funcionamiento y vida útil de la estructura ya que internamente se corroerá abarcando una gran área de afectación.</i>						
<i>De la causa</i>						
<i>El efecto de la carbonatación es la desintegración y desagregación del concreto, disminución de pH y aumento de humedad ocasionando exposición y oxidación del acero de refuerzo</i>						
<i>El mal uso de las instalaciones presentes en el puente también es un factor crítico para el funcionamiento de la estructura</i>						
<u>TRATAMIENTO O REPARACIÓN</u>						
<i>Se recomienda el uso de reductores de agua de alto rango, aditivos inhibidores de corrosión, recubrimiento de los aceros expuestos a la intemperie con concreto tratado</i>						
<u>PRESERVACIÓN</u>						
<i>Se recomienda realizar mantenimiento y seguimiento de lugares donde fue expuesto los aceros de refuerzo.</i>						

Tabla 21 Ficha # 09

Fuente: Propia

PATOLOGÍAS



Fotografía	Descripción					
Lesión	Ficha No	02	Fecha	20	04	20
	Elaboro:	<i>Jairo Cárdenas</i>				
	Tipo:	<i>Químico</i>				
	Lesión:	<i>Carbonatación</i>				
	Material:	<i>Concreto</i>				
	Lugar:	<i>Arco Superior</i>				
	<u>Características y síntomas</u>					
	<i>Exposición de acero de refuerzo, grietas y fisuras</i>					
	<u>Investigación y/o ensayos</u>					
	<i>Inspección Visual, Patologías físicas y Químicas</i>					
	<i>Observaciones: Uso de registro fotográfico</i>					
	<u>Análisis de la causa</u>					
	<i>Del efecto</i>					
	<i>La exposición de acero de refuerzo de una obra civil tiene gran impacto en el funcionamiento y vida útil de la estructura ya que internamente se corroerá abarcando una gran área de afectación.</i>					
<i>De la causa</i>						
<ul style="list-style-type: none"> • <i>El acero expuesto a la intemperie que no se le realicen mantenimiento preventivo perderá sus propiedades de resistencia.</i> • <i>la mala soldadura de un metal conllevaría a la des unión del mismo ocasionando una discontinuidad y mal funcionamiento corroyendo internamente a la estructura metálica</i> 						
<u>TRATAMIENTO O REPARACIÓN</u>						
<i>Se recomienda el uso de reductores de agua de alto rango, aditivos inhibidores de corrosión, recubrimiento de los aceros expuestos a la intemperie con concreto tratado</i>						
<u>PRESERVACIÓN</u>						
<i>Se recomienda realizar mantenimiento y seguimiento de lugares donde fue expuesto los aceros de refuerzo.</i>						

Tabla 22 Ficha # 10
Fuente: Propia

PATOLOGÍAS



Fotografía	Descripción					
Lesión	Ficha No	02	Fecha	24	04	20
	Elaboro:	<i>Jairo Cárdenas</i>				
	Tipo:	<i>Físico</i>				
	Lesión:	<i>Taponamiento</i>				
	Material:	<i>Asfalto</i>				
	Lugar:	<i>Tubería desagüe</i>				
	<u>Características y síntomas</u>					
	<i>Taponamiento en tubería de drenaje</i>					
	<u>Investigación y/o ensayos</u>					
	<i>Inspección Visual, Patologías físicas</i>					
	<i>Observaciones: Uso de registro fotográfico</i>					
	<u>Análisis de la causa</u>					
	<i>Del efecto</i>					
	<i>El taponamiento en las tuberías de desagües en el puente vehicular es una de las principales causantes del inicio de patologías y de presencia de humedad en la estructura.</i>					
	<i>De la causa</i>					
	<ul style="list-style-type: none"> • <i>El mal uso de las instalaciones presentes en el puente también es un factor crítico para el funcionamiento de la estructura</i> • <i>Desinterés por las autoridades pertinentes para el mantenimiento de obras civiles</i> 					
<u>TRATAMIENTO O REPARACIÓN</u>						
<i>Se recomienda hacer mantenimiento y limpieza periódica general de la estructura</i>						
<u>PRESERVACIÓN</u>						
<i>Se recomienda hacer mantenimiento y limpieza periódica general de la estructura</i>						

Tabla 23 Ficha # 11
Fuente: Propia

PATOLOGÍAS


Fotografía	Descripción						
Lesión	Ficha No	02	Fecha	24	04	20	
	Elaboro:	<i>Jairo Cárdenas</i>					
	Tipo:	<i>Físico</i>					
	Lesión:	<i>Fisura y discontinuidad</i>					
	Material:	<i>metal</i>					
	Lugar:	<i>Baranda-pasamanos</i>					
	<u>Características y síntomas</u>						
	<i>Fisuras, oxidación y discontinuidad</i>						
	<u>Investigación y/o ensayos</u>						
	<i>Inspección Visual, Patologías físicas</i>						
	<i>Observaciones:</i>						
<i>Uso de registro fotográfico</i>							
<u>Análisis de la causa</u>							
<i>Del efecto</i>							
<i>La corrosión y fisuras tiene gran impacto en el funcionamiento y vida útil de la baranda.</i>							
<i>Se destaca que esta patología no es agradable a la vista y no genera el sentido de confort y seguridad en sus usuarios.</i>							
<i>De la causa</i>							
<ul style="list-style-type: none"> • <i>El mal uso de las instalaciones presentes en el puente también es un factor crítico para su funcionamiento.</i> • <i>Desinterés por las autoridades pertinentes para el mantenimiento de obras civiles</i> 							
<u>TRATAMIENTO O REPARACIÓN</u>							
<i>Se recomienda hacer mantenimiento y limpieza periódica general de la estructura, uso de aditivos inhibidores de corrosión</i>							
<u>PRESERVACIÓN</u>							
<i>Se recomienda hacer mantenimiento y limpieza periódica general de la estructura</i>							

Tabla 24 Ficha # 12
Fuente: Propia

PATOLOGÍAS



Fotografía	Descripción					
Lesión	Ficha No	02	Fecha	24	04	20
	Elaboro:	<i>Jairo Cárdenas</i>				
	Tipo:	<i>Físico</i>				
	Lesión:	<i>Fisura y humedad sectorizada</i>				
	Material:	<i>concreto</i>				
	Lugar:	<i>Viga</i>				
	<u>Características y síntomas</u>					
	<i>Taponamiento en tubería de drenaje</i>					
	<u>Investigación y/o ensayos</u>					
	<i>Inspección Visual, Patologías físicas</i>					
	<i>Observaciones: Uso de registro fotográfico</i>					
	<u>Análisis de la causa</u>					
	<i>Del efecto Sin la correcta prevención y mitigación de fisuras de esta índole conllevaría a la pérdida de resistencia a esfuerzos cortantes, dejando expuesto el acero de refuerzo.</i>					
	<i>De la causa</i> <ul style="list-style-type: none"> • Las fisuras por cortante se generan por el agotamiento que generan los esfuerzos cortantes. • La carbonatación es una de las principales causas del deterioro en el concreto, fisuración y desintegración. • Mal encofrado y vibrado 					
<u>TRATAMIENTO O REPARACIÓN</u>						
<i>Tallar la fisura con un cincel, humedecerla y taparlas con reparadores estructurales flexibles, añadir cintas malla y recubrirlas con pasta de concreto.</i>						
<u>PRESERVACIÓN</u>						
<i>Se recomienda hacer mantenimiento y limpieza periódica general de la estructura</i>						

Tabla 25 Ficha # 13
Fuente: Propia

PATOLOGÍAS


Fotografía	Descripción					
Lesión	Ficha No	02	Fecha	24/04	04	20
	Elaboro:	<i>Jairo Cárdenas</i>				
	Tipo:	Físico				
	Lesión:	Fisura y humedad sectorizada				
	Materia l:	concreto				
	Lugar:	Viga y vigueta				
	<u>Características y síntomas</u>					
	Fisura por corte y torsión					
	<u>Investigación y/o ensayos</u>					
	Inspección Visual, Patologías físicas					
	Observaciones: Uso de registro fotográfico					
<u>Análisis de la causa</u>						
Del efecto Sin la correcta prevención y mitigación de fisuras de esta índole conllevaría a la pérdida de resistencia a esfuerzos cortantes, dejando expuesto el acero de refuerzo.						
De la causa						
<ul style="list-style-type: none"> • Las fisuras por cortante se generan por el agotamiento que generan los esfuerzos cortantes. • La carbonatación es una de las principales causas del deterioro en el concreto, fisuración y desintegración. • Mal encofrado y vibrado 						
<u>TRATAMIENTO O REPARACIÓN</u>						
Tallar la fisura con un cincel, humedecerla y taparlas con reparadores estructurales flexibles, añadir cintas malla y recubrirlas con pasta de concreto.						
<u>PRESERVACIÓN</u>						
Se recomienda hacer mantenimiento y limpieza periódica general de la estructura						

Tabla 26 Ficha # 14
Fuente: Propia

PATOLOGÍAS


Fotografía	Descripción					
Lesión	Ficha No	02	Fecha	24	04	20
	Elaboro:	<i>Jairo Cárdenas</i>				
	Tipo:	<i>Físico</i>				
	Lesión:	<i>Fisura y humedad sectorizada</i>				
	Material:	<i>concreto</i>				
	Lugar:	<i>Pilas</i>				
	<u>Características y síntomas</u>					
	<i>Fisuras, descomposición y carbonatación</i>					
	<u>Investigación y/o ensayos</u>					
	<i>Inspección Visual, Patologías físicas</i>					
	<i>Observaciones: Uso de registro fotográfico</i>					
<u>Análisis de la causa</u>						
<p><i>Del efecto</i> <i>Del efecto</i> <i>La carbonatación es una de las principales causas del deterioro en el concreto</i></p> <p><i>Causante de la desintegración del concreto a causa de la disminución del pH (menor a 12)</i></p>						
<p><i>De la causa</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>El aumento de la carbonatación depende en gran medida del contenido de humedad y la permeabilidad del hormigón.</i> • <i>Cuando la humedad relativa del concreto está entre 50% y 55%, la reacción de carbonización procederá más rápido</i> 						
<u>TRATAMIENTO O REPARACIÓN</u>						
<i>Se recomienda hacer mantenimiento y limpieza periódica general de la estructura, aplicar una mezcla de pasta sobre los poros y fisuras presentes en el concreto.</i>						
<u>PRESERVACIÓN</u>						
<i>Se recomienda hacer mantenimiento y limpieza periódica general de la estructura</i>						

Tabla 27 Ficha # 15
Fuente: Propia

PATOLOGÍAS


Fotografía	Descripción					
Lesión	Ficha No	0	Fecha	2	0	2
		2	a	4	4	0
	Elaboro :	<i>Jairo Cárdenas</i>				
	Tipo:	<i>Físico</i>				
	Lesión:	<i>Fisura y humedad sectorizada</i>				
	Material :	<i>concreto</i>				
	Lugar:	<i>Estribo</i>				
	<u>Características y síntomas</u>					
	<i>Humedad centralizada, fisura y obstrucción.</i>					
	<u>Investigación y/o ensayos</u>					
	<i>Inspección Visual, Patologías físicas</i>					
	<i>Observaciones: Uso de registro fotográfico</i>					
<u>Análisis de la causa</u>						
<i>Del efecto El material que obstruye el movimiento del estribo ocasiona que no cumpla correctamente su función y genere daños internos en la misma.</i>						
<i>Aumento de concentración de humedad y corrosión de aceros de refuerzo.</i>						
<i>De la causa La carbonatación es una de las principales causas del deterioro en el concreto</i>						
<i>Exceso de humedad y de materiales que se encuentren obstruyendo el movimiento de la estructura</i>						
<u>TRATAMIENTO O REPARACIÓN</u>						
<i>Se recomienda hacer mantenimiento, limpieza periódica y evacuar el material obstruyendo</i>						
<u>PRESERVACIÓN</u>						
<i>Se recomienda hacer mantenimiento y limpieza periódica general de la estructura</i>						

Tabla 28 Ficha # 16
Fuente: Propia




<u>PATOLOGÍAS</u>						
Fotografía	Descripción					
Lesión	Ficha No	02	Fecha	24	04	20
	Elaboro: <i>Jairo Cárdenas</i>					
	Tipo: <i>Físico</i>					
	Lesión: <i>Fisura, humedad y desintegración</i>					
	Material: <i>concreto</i>					
	Lugar: <i>Vigas y viguetas</i>					
	<u>Características y síntomas</u>					
	<i>Humedad, desprendimiento de material, exposición de acero de refuerzo,</i>					
	<u>Investigación y/o ensayos</u>					
	<i>Inspección Visual, Patologías físicas</i>					
	<i>Observaciones: Uso de registro fotográfico</i>					
 	<u>Análisis de la causa</u>					
	<i>Del efecto Exposición de armadura y corrosión de la misma. Manchas rojizas en el concreto. Desprendimiento y desintegración del concreto.</i>					
	<i>De la causa</i>					
	<ul style="list-style-type: none"> • <i>La carbonatación es una de las principales causas del deterioro en el concreto.</i> • <i>Exceso de humedad y filtración de agua al interior de la estructura.</i> • <i>Mal proceso constructivo para el recubrimiento en concreto específicamente en la armadura.</i> 					
<u>TRATAMIENTO O REPARACIÓN</u>						
<i>Tallar la fisura con un cincel, humedecerla y taparlas con reparadores estructurales flexibles, aplicar una mezcla de pasta sobre los poros y fisuras presentes en el concreto.</i>						
<u>PRESERVACIÓN</u>						
<i>Se recomienda hacer mantenimiento y limpieza periódica general de la estructura</i>						

Tabla 29 Ficha # 17
Fuente: Propia

11. CONCLUSIÓN

- Con este proyecto se evidencio la importancia de prevenir y corregir cualquier síntoma que tenga o indique la presencia de humedad dañina en los puentes
- Debido a la humedad se encontraron rastros de musgo y hongos que en su crecimiento pueden causar daños mecánicos y físicos en la estructura
- Los malos procesos constructivos generan patologías visuales y estructurales afectando al funcionamiento y propiedades de cada elemento, dejando expuesto a la estructura a que pueda ser afectada por más patologías disminuyendo la tasa de éxito de la misma.
- El mantenimiento periódico a los puentes vehiculares en concreto es la mejor solución para prevenir y mitigar cualquier aparición de enfermedades que la estructura pueda tener
- El uso de elementos de seguridad y herramientas varias es importante para los estudios patológicos en puentes.
- Las condiciones geográficas y ambientales afectan directamente al estado de la estructura y a los estudios patológicos que se le realicen.

12. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Gobernación, «Plan De Desarrollo De San Carlos De Guaroa,» 01 01 2016. [En línea]. Available: https://intranet.meta.gov.co/secciones_archivos/461-64432.pdf.
- [2] D. Sánchez de Guzmán, Durabilidad y Patología del Concreto, Bogotá: Asocreto, 2011.
- [3] A. M. Fonseca, Tecnología Y Patología Del Concreto Armado, Bogotá: Universidad Católica De Colombia, 2013.
- [4] PSI, «Piping Specialist International,» 1 1 2017. [En línea]. Available: <http://www.psi-sas.com/sabes-que-es-patologia-estructural/>.
- [5] Blatem, «Blatem,» 08 06 2018. [En línea]. Available: <http://www.blatem.com/es/actualidad/noticias/eflorescencias-que-son-y-como-se-pueden-prevenir-y-tratar>.
- [6] T. Carofalo, Patología y rehabilitación de edificios, Cuba, 1997.
- [7] H. A. Muñoz, Evaluación y diagnóstico patológico de las estructuras en concreto, Bogotá, 2001.
- [8] G. Bolívar, «lifeder.com,» 2018. [En línea]. Available: <https://www.lifeder.com/fenolftaleina/>. [Último acceso: 29| 10 2019].
- [9] A. G. Glez, «Estructuras,» de *Estructuras*, Ibagué, Universidad de Ibagué, 2016, p. 12.
- [10] Anónimo, «Lección 5: durabilidad,» de *Lección 5: Durabilidad*, España, universidad de Valladolid, 2015, p. 14.
- [11] Construmatica, «portal de arquitectura, ingeniería y construcción,» 08 09 2007. [En línea]. Available: https://www.construmatica.com/construpedia/Desprendimientos_de_Material.
- [12] M. Guzmán, «Corrosión y deterioro de materiales,» de *Corrosión y deterioro de materiales*, Colombia, Academia, 2014, p. 44.
- [13] P. L, «Cosntruacademico,» 17 09 2006. [En línea]. Available: https://www.construmatica.com/construpedia/Fisuras_en_el_Hormig%C3%B3n.
- [14] J. E. Prada, «Análisis de patologías físicas de puentes vehiculares en concreto en la localidad de Chapinero,» Universidad Católica, Bogotá, 2015.
- [15] G. B. Y. V. Ramos, «Estudio Patológico del puente No. 15 en el Km 242+526, de la vía férrea Bogotá-Belencito,» Universidad Santo Tomas, Bogotá, 2015.
- [16] N. 5551, Concretos. Durabilidad De Estructuras De Concreto, Bogotá: Icontec, 2007.
- [17] G. 110, Guía para la inspección visual de, Bogotá: Icontec, 2004.
- [18] N. 2120, Guía para la inspección de soldadura mediante ensayos no destructivos, Bogotá: Icontec, 2004.

- [19] A. C. Institute, «Evaluación de Estructuras antes de la Rehabilitación,» Documento ACI 364.
- [20] I. C. D. N. T. y. Certificación, «CCP 14,» Bogotá, 2006.
- [21] INVIAS, «Manual para la inspección visual de Puentes y Pontones,» Bogotá, 2006.
- [22] A. S. C. d. Guaroa, «San Carlos de Guaroa-Meta,» 07 2017. [En línea]. Available: <http://www.sancarlosdeguaroa-meta.gov.co/tema/territorios>. [Último acceso: 18 09 2019].