

**Diagnóstico de deterioro de la infraestructura vial Barrio Cuba hasta
Villa Verde, Pereira, Risaralda**
**Diagnosis of deterioration of the road infrastructure neighborhood Cuba to
Villa Verde, Pereira, Risaralda**

Daniel Felipe Carvajal Ortiz¹, Santiago Acevedo Herrera², Cristhian Camilo Amariles
López³

Resumen

El valor de las vías secundarias es la base principal del transporte en Colombia para el desarrollo del territorio. Por lo anterior, se hace indispensable llevar a cabo la inversión en infraestructura vial, debido a que es el primer paso para crear condiciones básicas para el avance de las actividades productivas. En consiguiente, es fundamental generar un conjunto de evaluaciones sobre el estado actual en el que se encuentra la infraestructura vial del territorio, dado esto se genera un análisis visual en las calles 70 y 71, en el tramo que comprende el Éxito del Barrio Cuba hasta el CAI de Villa Verde en la Ciudad de Pereira. Esta investigación se realiza mediante la metodología comprendida en los manuales de inspección visual de pavimento, manual para la inspección visual de puentes y manual de señalización de Invías. De acuerdo con el análisis estadístico se determina que los tramos con mayor porcentaje de afectación en pavimento rígido fueron del T1 al T6 y T18 los cuales sufren más del 95% de daño, lo que representa un 13.19% frente al área vial construida y los tramos con mayor porcentaje de afectación en pavimento flexible son T5 y T6, los cuales sufren entre ambos el 1.54% de daños, de este mismo modo se evidencio que la patología que más frecuente en el pavimento rígido fue pulimiento y en el pavimento flexible fue cabezas duras representando cada una el 6.23% y 1.01% de afectación, en sincronía se realiza un inventario de 180 señales de tránsito, 112 verticales y 68 horizontales en donde se determina que las marcas de sentido vial son las señales horizontales que se encuentran más afectada representando un 36,76% de la totalidad de las señales encontradas, por otro lado en la señalización vertical se reconoce que la señal con mayor nivel de afectación es la preventiva representando un 50% de la totalidad de las señales, para finalizar se realiza el análisis de dos puentes peatonales que se encuentran en el tramo de evaluado dándose que el puente peatonal metálico presenta delaminación de la pintura y breves apariciones de corrosión tanto en las barandas como en la superestructura metálica; así mismo, según la inspección del puente peatonal de concreto, presenta como principal patología la contaminación por agentes ambientales, además de hormiguo en la superestructura y perdida de recubrimiento en superficie y escaleras de acceso, por tal motivo la aparición de acero de refuerzo y corrosión del mismo.

Palabras Clave: Daños en vías, inspección, patologías viales, pavimentos, puentes, señalización.

¹ Estudiante del Programa de Ing. Civil, Universidad Libre Seccional Pereira. santiago-acevedoh@unilibre.edu.co

² Estudiante del Programa de Ing. Civil, Universidad Libre Seccional Pereira. danielf-carvajalo@unilibre.edu.co

³ Docente del programa de Ing. Civil, Universidad Libre Seccional Pereira. cristhian.amariles@unilibre.edu.co

Abstract

The value of secondary roads is the main base of transport in Colombia for the development of the territory. Therefore, it is essential to carry out investment in road infrastructure because it is the first step to create basic conditions for the advancement of productive activities. For this reason, it is essential to generate a set of evaluations on the current state of the territory's road infrastructure, given this, a visual analysis is generated on streets 70 and 71, in the section that includes the Éxito of neighborhood Cuba until the Villa Verde CAI in the City of Pereira. This investigation is carried out through the manuals of visual inspection of pavement, Manual for the visual inspection of bridges and INVIAS signaling manual. According to the statistical analysis, it is determined that the sections with the highest percentage of damage to rigid pavement were from T1 to T6 and T18, which suffer more than 95% damage, which represents 13.19% compared to the built road area and the sections with the highest percentage of affectation in flexible pavement are T5 and T6, which suffer between them 1.54% of damage, in the same way it was evidenced that the most frequent pathology in the rigid pavement was polishing and in the flexible pavement it was hard heads each one representing 6.23% and 1.01% of affectation, in synchrony an inventory of 180 traffic signs is made, 112 vertical and 68 horizontal where it is determined that the road direction marks are the horizontal signs that are most affected representing a 36.76% of all the signs found, on the other hand in the vertical signaling it is recognized that the sign with the highest level of affectation is the preventive one, representing 50% of the totality of the signals, to finish the analysis of two pedestrian bridges that are in the evaluated section is carried out, given that the metallic pedestrian bridge presents delamination of the paint and brief appearances of corrosion both in the railings and in the metallic superstructure; Likewise, according to the inspection of the concrete pedestrian bridge, the main pathology is contamination by environmental agents, in addition to tingling in the superstructure and loss of surface coating and access stairs, for this reason the appearance of reinforcing steel and corrosion of the same.

Keywords: Bridges, inspection, pavements, road damage, road pathologies, signage.

1. Introducción

Debido al incontrolable crecimiento del parque automotor en Colombia en los últimos años, se evidencia la necesidad de mejorar la malla vial del país e implementar planes de mantenimiento vial constantes en cada uno de los sectores de los municipios en donde se concentran los grandes movimientos vehiculares, de acuerdo con esto, conocer los problemas que contiene una vía sin importar su función es de gran importancia para analizar y solucionar todas las situaciones donde se puedan presentar dificultades con el pavimento, señalización, puentes y demás factores tal como lo mencionan los autores (Díez et al., 2015; Ranjbar et al., 2021). Por tal motivo se realizó un inventario de patologías viales en cuanto al pavimento rígido y flexible, señalización horizontal y vertical, y puentes peatonales en el tramo de estudio comprendido entre el Éxito de Cuba y el CAI de Villa Verde en Pereira, Risaralda; basados en los manuales del Instituto Nacional de Vías (INVIAS, 2006a, 2006b, 2006c, 2015), también se tiene un documento

de referencia para cuantificar los daños en los puentes peatonales según los autores (Martinez & Sanchez, 2021). En la presente investigación se tomaron como referencia diversos artículos relacionados con las inspecciones visuales a nivel nacional como internacional, tales como las investigaciones de (Izquierdo et al., 2017; Jaimes et al., 2017; Jiménez & Hurtado, 2019; Pinatt et al., 2020; Zárata & Bellido, 2015) los cuales brindan información de diferentes patologías viales encontradas en sus respectivos tramos estudiados. Teniendo en cuenta el porcentaje de malla vial construida en el país, el autor (Ovalle, 2016) recalca que la infraestructura vial de vías secundarias y terciarias en el territorio nacional es de aproximadamente un 92%, dando como referencia a que estas vías se deben conservar en un óptimo estado ya que son las fuentes de comunicación con las vías principales del territorio; por otra parte en el caso de (Saldarriaga et al., 2019) realizan una investigación con mayor énfasis en vías terciarias mencionando que solo el 25% del total de vías terciarias están pavimentadas y dan lugar a que estas vías siempre se deben construir con materiales eficientes para prolongar la duración del pavimento ya que de cierta forma estas vías favorecen la comunicación con las vías secundarias del país. Uno de los principales factores que causan deterioro en la capa de rodadura en vías secundarias como terciarias es la falta de atención a estas por parte de los entes encargados de realizar el mantenimiento de esta, ya que tal como lo mencionan los autores (Becerra & Sánchez, 2018; Vega et al., 2019) dando lugar a que de cierta forma se le da mayor importancia al estado de las vías principales dejando a un lado las demás categorías de vías del país. Por otra parte, los diseños previos que se realizan antes de la construcción muchas veces no son acordes con lo que se tiene en campo y esto de cierta forma causa problemas y diversos tipos de daños en el pavimento, como es el caso de (Conde & Ortiz, 2016; Zambrano & Beyk, 2020) que discuten sobre los cambios que se deben realizar a última hora debido a la variabilidad del volumen vehicular y diferentes problemas de flora encontrados en el sitio de construcción.

Con el avance tecnológico y a su vez con el alto crecimiento de la infraestructura vial en el país como en demás ciudades del mundo se ve la necesidad de implementar sistemas automatizados de detección de patologías viales por medio de drones o autos con cámaras inteligentes capaces de detectar cualquier tipo de daño en las vías, como en el caso de (Echaveguren et al., 2010; Ho et al., 2020; Medina et al., 2010; Tsai et al., 2021) los cuales mencionan que el uso de nuevas tecnologías ayudan en las inspecciones visuales obteniendo resultados más precisos y eficientes, siendo así alternativas más viables para este tipo de estudios. Con base en el uso de tecnologías y en el recurso humano para realizar las inspecciones el autor (Buitrago, 2018) compara los métodos observando cuál de los dos resulta ser más económico y eficiente. En ocasiones también se opta en involucrar los dos métodos para un mismo estudio ya que como lo menciona el autor (Miyamoto, 2013) usar ambas metodologías genera que se complementen una de la otra dando así a conocer que, en el uso de la tecnología, algunas actividades se le dan con mayor facilidad, al igual que con el método manual. Dentro de los diferentes aparatos tecnológicos que se pueden emplear para realizar las inspecciones se encuentra el caso de (Takanashi, 2020) donde se usan sensores de vibración en caminos pavimentados para identificar el deterioro de estas vías encontrándose que estos sensores también pueden ser útiles

para realizar diferentes análisis y estudios en puentes, siendo así un paso fundamental para identificar daños en estos elementos viales tan fundamentales en el territorio. Con base a estudios e investigaciones pasadas se logran definir ciertas ventajas y desventajas que ofrecen estos sistemas tecnológicos de detección de daños, tal como lo afirman los autores (Gavilán et al., 2011; Yin et al., 2021) en donde mencionan que estos métodos en algunas ocasiones no siempre son del todo precisos con el manejo y síntesis de datos, ya que revisando estudios anteriores el software usado mostraba grietas en lugares donde no las habían, generando así cierta incertidumbre en los datos, y gracias a estos fallos mostrados por el autor, con el pasar del tiempo se van mejorando estos sistemas tecnológicos con actualizaciones de software. Otra razón que mencionan los autores (Miraliakbari et al., 2016) es que en algunas ocasiones obligatoriamente se necesita el uso de altas tecnologías en cuanto al tipo de cámara utilizada resultando ser un factor costoso para los respectivos estudios. Desde otro punto de vista el uso de estas tecnologías trae consigo ciertas ventajas que lo hacen un procedimiento con mayor relevancia frente a los métodos tradicionales de toma de información en campo, tal como en el caso de (Abdellatif et al., 2019; Flores et al., 2019; Wang et al., 2019; Yacout & Montreal, 2019) donde recalcan que usar tecnología de aprendizaje autónomo en la determinación del nivel de deterioro de la red vial en ciertos sectores del territorio hacen que cada vez se tenga mayor certeza en la información y análisis de datos obtenidos. También en temas de materiales eficientes relacionados con el uso de tecnologías para su fácil detección de daños, como en el caso de (Arya et al., 2020; Deef-Allah et al., 2019) plantean la idea de generar alternativas de materiales sostenibles y amigables con el medio ambiente, de la mano con aspectos tecnológicos.

Las diferentes situaciones que se pueden presentar en las vías en cuanto a daños en la capa de rodadura según los autores (Kotowska et al., 2021; Sholichin & Rumintang, 2018; Suwanto et al., 2021) van de la mano con problemas de falta de mantenimiento, también la vegetación juega un papel fundamental ya que puede llegar a ser bastante intrusiva en los límites de la vía dando lugar a diversas afectaciones. En ocasiones muchos problemas de falta de mantenimiento en las vías como lo mencionan (Mulyawan et al., 2020) son debido a problemas económicos que sufren algunas ciudades del mundo. Por otra parte, realizar ensayos y estudios de laboratorio en la capa asfáltica, como en el caso de (Gao et al., 2021; García & Moreno, 2018; Guo et al., 2018) donde se analizan los resultados finales para determinar si el diseño fue el adecuado y si cumple con todas las especificaciones para lograr el tiempo de diseño. Por otra parte, elementos tales como reductores de velocidad generan ciertas grietas en el pavimento tal como lo mencionan (Goenaga et al., 2020; Lu et al., 2018) donde las cargas que ejercen hacia el pavimento cuando vehículos de gran tamaño pasan por encima en cierta medida genera problemas en la vía. Teniendo en cuenta investigaciones pasadas, según los autores (Marovi et al., 2018) mencionan que la predicción del crecimiento del deterioro de la malla vial urbanística es sumamente importante para el proceso de mantenimiento de las mismas debido a que conociendo el problema se conoce la solución; y con base a esto se tienen presente elementos que acompañan la vía como el caso de (Gitleman, 2014; Sandoval & Merchán, 2010; Shchegoleva et al., 2020) donde se estudian técnicas de como el pavimento se articula con las cunetas y demás elementos que conforman la vía. Por último, algunos

autores tales como (Janas et al., 2019; Duque, 2018) realizan comparaciones de las normas colombianas y mexicanas que se deben tener en cuenta para el diseño de pavimentos, sin dejar a un lado la normativa que se debe regir para puentes y señalización.

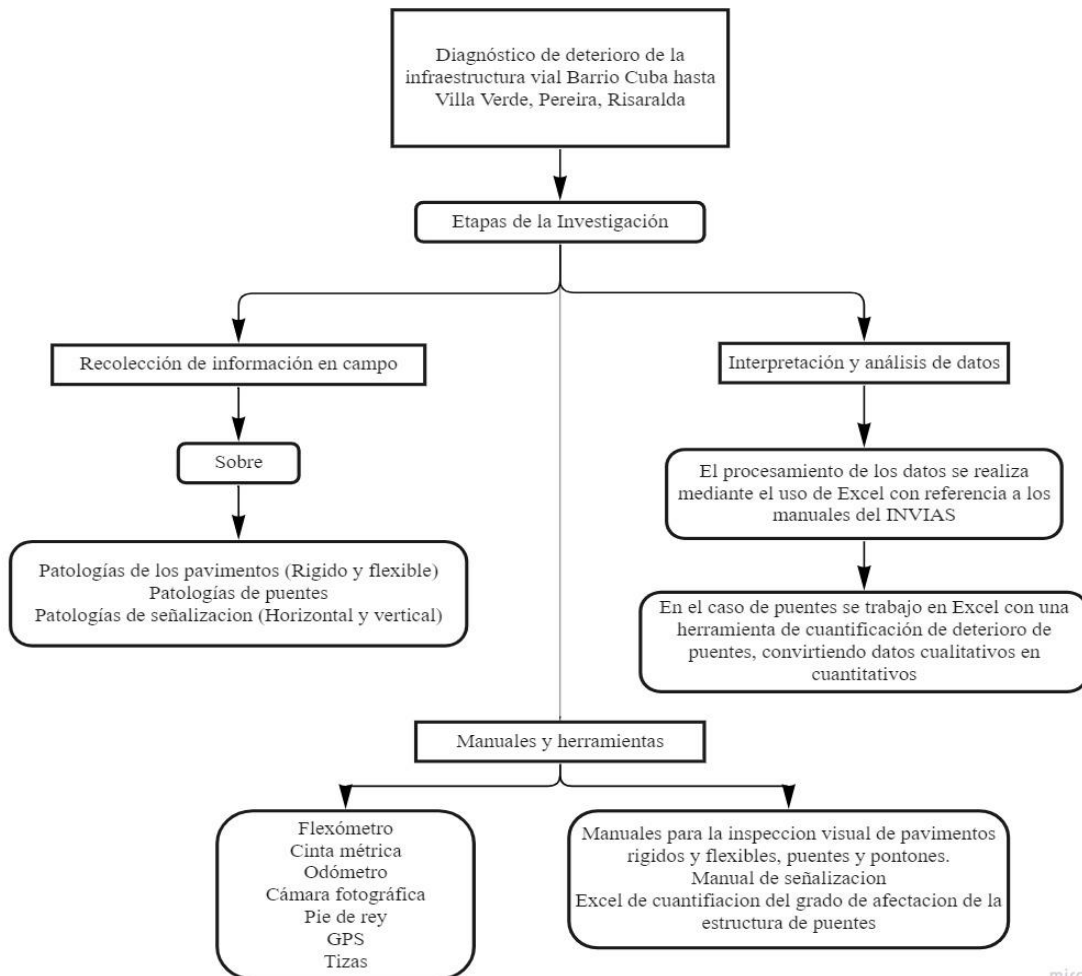
En la vía de estudio con base en la inspección visual llevada a cabo en el presente artículo se espera encontrar menos de un 40% de afectación del total del tramo evaluado con patologías de cierto grado de severidad, también se espera que la mayor afectación la tenga el pavimento rígido sobre el flexible.

2. Materiales y métodos

El desarrollo del estudio del análisis visual de las patologías del tramo vial ubicado entre el Éxito de Cuba y el CAI de Villa verde en Pereira, Risaralda; está comprendido principalmente por dos etapas, el primero la recolección de información en campo y el segundo la interpretación y análisis de datos que fueron obtenidos en la primera etapa del estudio. A continuación de forma detallada se describen cada una de las etapas:

Figura 1

Diagrama de flujo -metodología



miro

Fuente: Propia

2.1. Recolección de información en campo:

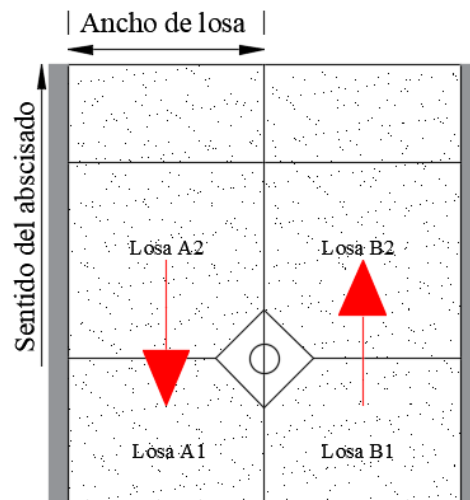
Esta primera etapa está dividida en tres apartados fundamentales de la vía, los cuales son pavimentos, puentes y señalización, siendo el objetivo esencial en cada apartado poder identificar las patologías que presentan mediante un análisis visual, donde es de vital importancia que los datos obtenidos sean lo más precisos posible para que sean representativos con lo que se tiene en la realidad de campo.

a) Patologías del pavimento rígido y flexible:

Inicialmente para la recolección de datos del pavimento, se identificaron los carriles para realizar la enumeración de las losas para el caso del rígido y para el rígido la enumeración del carril. En la siguiente figura se muestra la geometría del pavimento tanto para rígido como para flexible.

Figura 2

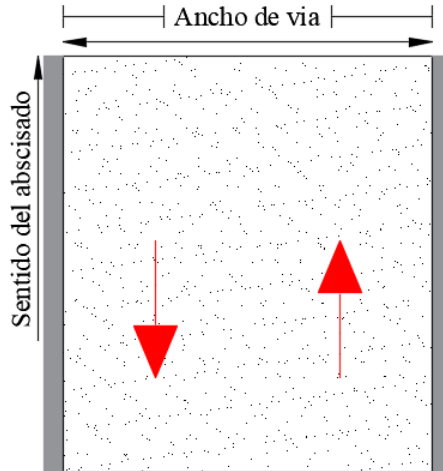
Geometría de la vía de pavimento rígido.



Fuente: Propia

Figura 3

Geometría de la vía de pavimento flexible.



Fuente: Propia

Teniendo en cuenta que el tramo vial estudiado tiene una longitud de 3600 m, de los cuales 1900 m corresponden a pavimento flexible y 1700 m a pavimento rígido, se realiza la inspección cada 100 metros caracterizando los tipos de secciones típicas en el tramo con sus respectivos datos generales tales como ancho y número de carriles, ancho de separador vial y ancho de andén en el lado derecho como en el izquierdo. A continuación, se presentan las tablas 1 y 2, y las figuras 4 y 5, para una mejor comprensión de la vía de estudio y el procedimiento realizado.

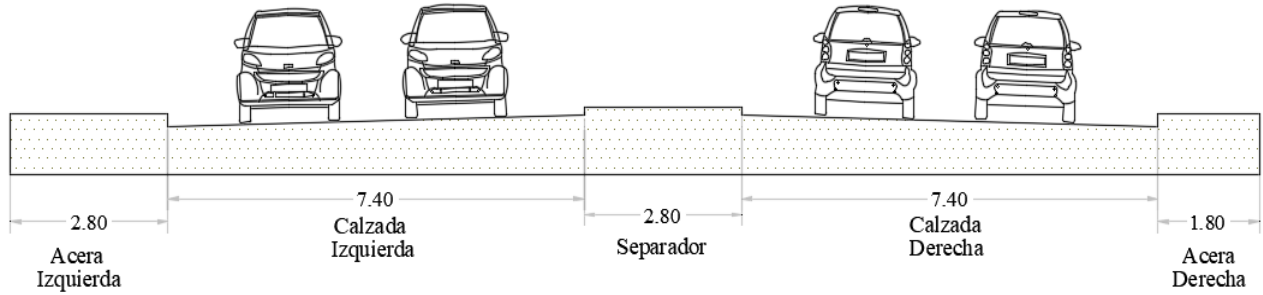
Tabla 1

Tramo correspondiente a sección típica 1

Abscisa inicial	Abscisa final
K0+000	K0+062
K0+062	K0+331

Nota. En la presente tabla se muestran los tramos correspondientes a la sección típica 1. Fuente: Propia.

Figura 4
Sección típica 1



Nota. En la presente figura se muestra la sección típica 1 con sus dimensiones.

Fuente: Propia.

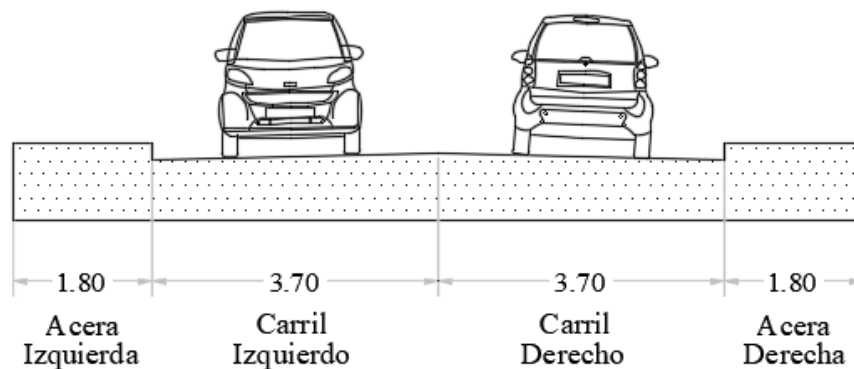
En la figura 6 se puede observar con mayor claridad los 331 m correspondientes a la sección típica 1.

Tabla 2
Tramo correspondiente a sección típica 2

Abcisa inicial	Abcisa final
K0+331	K0+3600

Nota. En la presente tabla se muestran los tramos correspondientes a la sección típica. Fuente: Propia.

Figura 5
Sección típica 2



Nota. En la presente figura se muestra la sección típica 2 con sus dimensiones. Fuente: Propia.

En la figura 6 se puede observar con mayor claridad los 3269 m correspondientes a la sección típica 2.

Teniendo en cuenta que en el tramo inspeccionado se cuentan con pavimentos mezclados en tramos de rígido y flexible, se presenta la tabla 3 de las abcisas finales e iniciales de los respectivos pavimentos.

Tabla 3

Tramo correspondiente a pavimento rígido y flexible

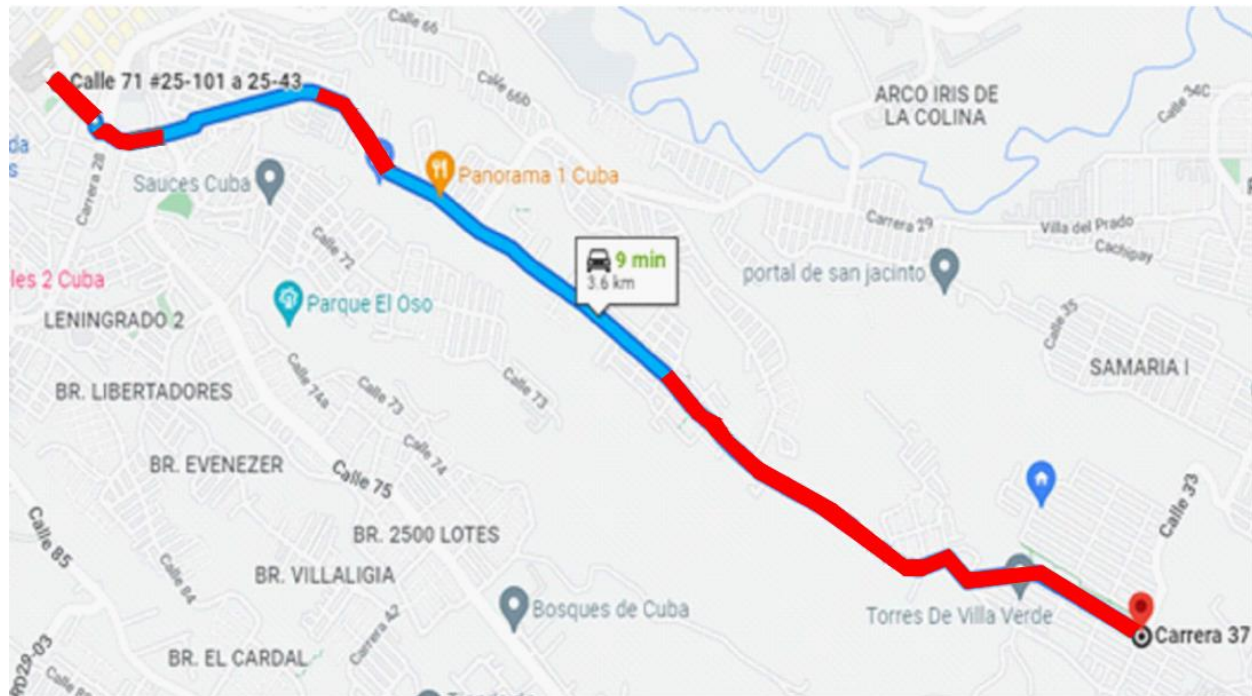
Abscisa inicial	Abscisa final	Tipo de pavimento
K0+000	K0+062	Flexible
K0+062	K0+169	Rígido
K0+169	K0+331	Flexible
K0+331	K0+805	Rígido
K0+805	K0+960	Flexible
K0+960	K2+078	Rígido
K2+078	K3+3600	Flexible

Nota. En la presente tabla se muestran los tramos correspondientes a pavimento rígido y flexible en el tramo de estudio. Fuente: Propia.

Para mayor comprensión se presenta la figura 4, en donde mediante el software Google Earth se marcan los tramos de pavimento rígido y flexible. En donde el color rojo representa el flexible y el color azul hace referencia al rígido.

Figura 6

Vista satelital del tramo.



Nota. En la presente figura se muestra el tramo de vía estudiado con una longitud de 3600 m. Fuente: Google Maps 2022.

La información se plasmó en los formatos de recolección de datos otorgados por (INVIAS, 2006a, 2006b) en donde se colocaron datos como ancho y largo de las losas, su respectiva abscisa y también el tipo de daño y su severidad.

b) Patologías de los puentes peatonales:

Para el análisis visual del estado de los puentes ubicados en el tramo evaluado, siendo estos de tipo peatonal, se verifican las condiciones de los componentes más importantes de los mismo en términos de estructura, tales como longitud, ancho, gálibo, número de luces, etcétera, de la mano de (INVIAS, 2006c) sí describen las características que afectan el puente como superficie, juntas, barandas, estribos, vigas y diafragmas, elementos de armadura y demás, además de esto sí evalúa si los daños o desgastes son producto de su uso, construcción o diseño. El análisis de datos recolectados en dicho puente se basa en el proceso recomendado por (INVIAS, 2006c) donde después de la identificación de los daños se determina el estado del puente gracias a la implementación de la herramienta desarrollada por (Martínez & Sánchez, 2021). la cual permite cuantificar los daños presentados en los puentes a partir de la información cualitativa recogida en campo inicialmente, con dichos resultados cuantitativos es más viable desarrollar un análisis y conclusión para la afectación de los puentes.

A continuación, se presentan datos generales de los puentes inspeccionados con su respectiva localización satelital y coordenadas.

Tabla 4

Datos generales del primer puente peatonal (Exito de Cuba)

Puente Exito de cuba	
Longitud total	40 m
Ancho del puente	2.4 m
Material	Concreto con muros en concreto
Galibo	6.20 m
Obstáculo que salva	Calle 70b y calle 71
Tipo de superficie	Concreto

Tabla 5

Datos generales del segundo puente peatonal (Villa Verde)

Puente de Villa verde	
Longitud total	51 m
Ancho del puente	2.5 m
Galibo	5.55 m
Material	Metal
Obstáculo que salva	Calle 33
Tipo de superficie	Concreto

Para mayor comprensión de la ubicación de los puentes se muestra la siguiente figura 7 de la vista satelital, para conocer con mayor detalle estos puentes se tienen las figuras 20 y 25.

Figura 7

Vista satelital de los puentes peatonales inspeccionados



Nota. En la presente figura se muestra la ubicación satelital de los puentes peatonales inspeccionados.

Fuente: Google Maps 2022.

El primer puente peatonal se encuentra ubicado en la abscisa K0+000 (Éxito de Cuba) con coordenadas N 04°48'24.3", W75°44'27.7". Permite el cruce entre el Éxito y la plaza sobre el intercambiador de sistema de transporte Megabús; el eje del puente forma un ángulo de 90° respecto al eje de la vía.

El segundo puente peatonal se encuentra ubicado en la abscisa K3+589 (Villa Verde) con coordenadas N 04°47'32", W75°42'40". Permite el cruce entre el centro comercial Villa verde plaza y el parque del barrio Villa verde, el eje del puente forma un ángulo de 25° respecto al eje de la vía.

c) Señalización:

Se evalúa el estado de cada una de las señales presentes en el lugar según las características encontradas para cada una de ellas en el (INVIAS, 2015), se evalúan según el criterio del observador si presentaban alguna de las afectaciones tales como grafiti o vandalismo, corrosión, pérdida o de pintura o decoloración y/o daño por impacto, para dicha clasificación se emplean 3 categorías para indicar la escala de afectación de cada una de las señales, estas son baja para señales en buen estado, media para señales que tienen algún daño leve pero pueden seguir funcionando y alta para señales que ameritan cambio o reparación inmediata.

2.2. Tratamiento de la información recolectada en campo:

a) Patologías del pavimento:

Después de haber recolectado todos los datos en la etapa anterior se procede a hacer el tratamiento de datos mediante Excel, en donde finalmente se obtuvieron las abscisas inicial y final del levantamiento, se da inicio con abscisa de k0+000 y finaliza en la k3+600, el área total inspeccionada se obtiene de la longitud de la vía multiplicada por el ancho de la vía según cada tipo de la sección transversal, el área total afectada representa el porcentaje que presenta cierto nivel de deterioro respecto al área total de la vía, los deterioros más frecuentes en el pavimento rígido y en el pavimento flexible se determinan mediante las tablas y figuras que se generan gracias a la recolección de datos, además se determinan también, el porcentaje de afectación que representa cada una de los daños, especialmente los más frecuentes, concluyendo el tratamiento estadístico de la los datos recolectados, se pueden determinar los tramos con niveles más altos de deterioro siendo estos definidos cada 100 metros o hasta que cambiara el tipo de pavimento, iniciando desde la abscisa K0+000, contemplando cada uno de los tramos una longitud máxima de 100 metros.

b) Patologías de los puentes peatonales:

Los puentes encontrados en la inspección del tramo se evaluaron según el (INVIAS, 2006c) y calificado según el criterio de los evaluadores buscando los puntos deteriorados o que presentan alguna falencia, obtenidos estos datos en términos cualitativos, se introducen en la herramienta de cuantificación de daños de puentes (Martínez & Sánchez, 2021) las dimensiones de los elementos de los puentes y las dimensiones de sus daños para que sean analizados, de esta manera se generan porcentajes de afectación en cada uno de los elementos que lo amerite, finalmente se obtiene un porcentaje de afectación general para el puente y una sugerencia de mantenimiento.

Tabla 6

Rangos de análisis de deterioro total en los puentes peatonales inspeccionados

Grado de afectación - Rangos	Condición del puente	Recomendación
0% - 30%	Deterioro bajo	Programar mantenimiento a largo plazo
30.1% - 60 %	Deterioro moderado	Programar mantenimiento a corto plazo
60.1% - 90%	Deterioro medio - alto	Programar mantenimiento inmediato
90.1% - 100%	Deterioro alto susceptible al colapso	Definir estado de alerta máxima

c) Patologías de las señales de tránsito:

Mediante la evaluación del estado de la vía se construyó un inventario de las señales verticales y horizontales que se encuentran en el tramo, para esto se clasificaron según su tipo (preventiva, informativa o reglamentaria) mediante el (INVIAS, 2015) y examinándolas según su deterioro. De modo tal que se compararon cuantitativamente mediante figuras.

3. Resultados y discusión

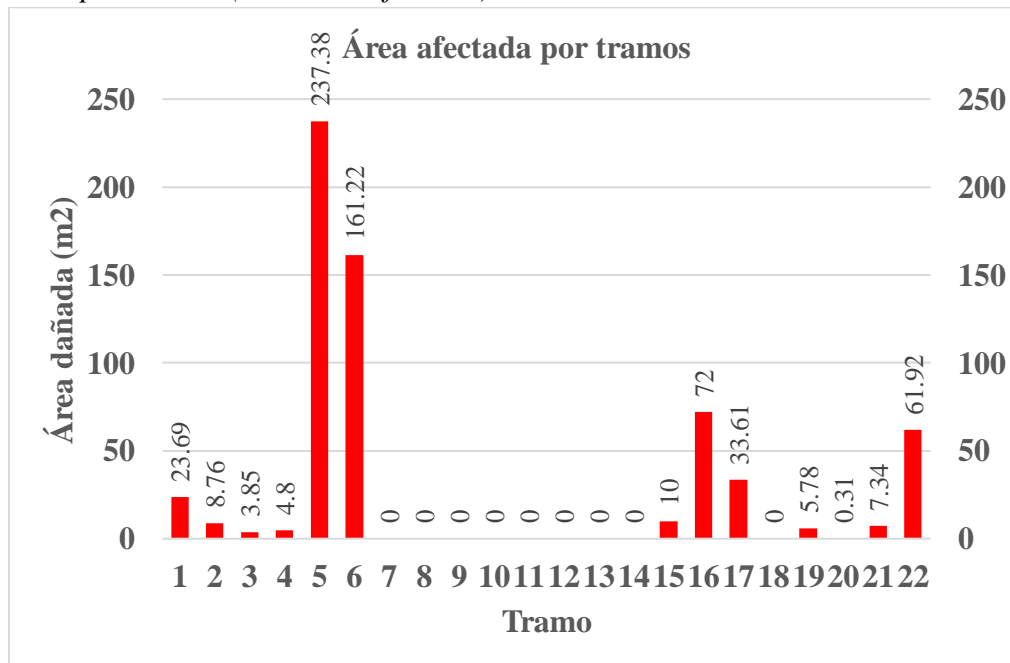
Con base en la información obtenida de la inspección visual de pavimentos rígidos y flexibles, el inventario de señalización horizontal y vertical, además de la evaluación de puentes peatonales encontrados en el tramo de estudio, en la vía comprendida entre el Éxito de Cuba y el CAI de Villa verde en Pereira, Risaralda; Se procede a realizar un análisis estadístico de acuerdo con la información registrada en campo, de lo cual se obtienen diversos análisis de datos, cada uno con información relevante de las patologías encontradas dependiendo de su severidad.

3.1. Resultados de la inspección del pavimento flexible

Con base en la información mostrada en las anteriores tablas 1, 2 y 3, y en las figuras 4, 5 y 6, y posteriormente con el procedimiento realizado en campo en cuanto a la recolección de datos, se obtuvieron un total de 22 tramos, dentro de los cuales se clasificaron los diferentes daños encontrados sin incluir daños superficiales ni daños en berma. Por consiguiente, se realizó el análisis estadístico para obtener como resultado final, un inventario de daños por tramos y por severidad agrupados en las figuras 8, 9, 10 y 11.

Figura 8

Área afectada por tramos (Pavimento flexible)



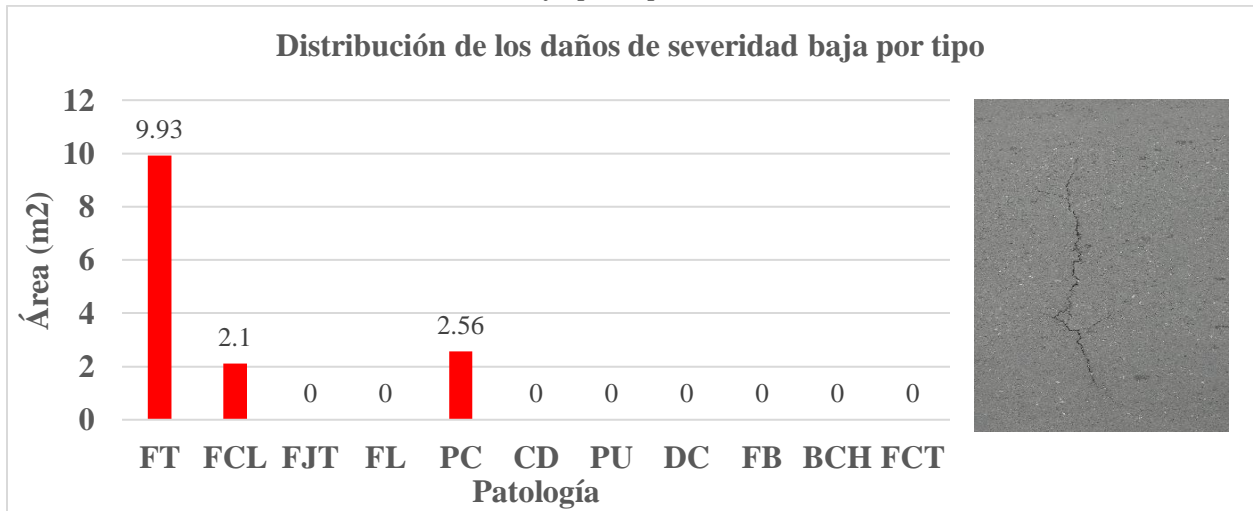
Nota. En la presente figura se muestra la información de área afectada por tramos entre los tramos T1 y T22. Fuente: Propia.

De acuerdo con la figura anterior se determina que los tramos con mayor grado de afectación son los tramos 5 y 6, con un área dañada de 237.38 m² y 161.22 m² respectivamente, dando lugar a que estos tramos con mayor deterioro representan un 2.64% del total de metros cuadrados inspeccionados en todos los tramos de pavimento flexible.

A continuación, se presentan los resultados de las patologías encontradas en el tramo de estudio de acuerdo con su severidad baja, media y alta, en las figuras 9, 10 y 11 respectivamente.

Figura 9

Distribución de los daños de severidad baja por tipo.

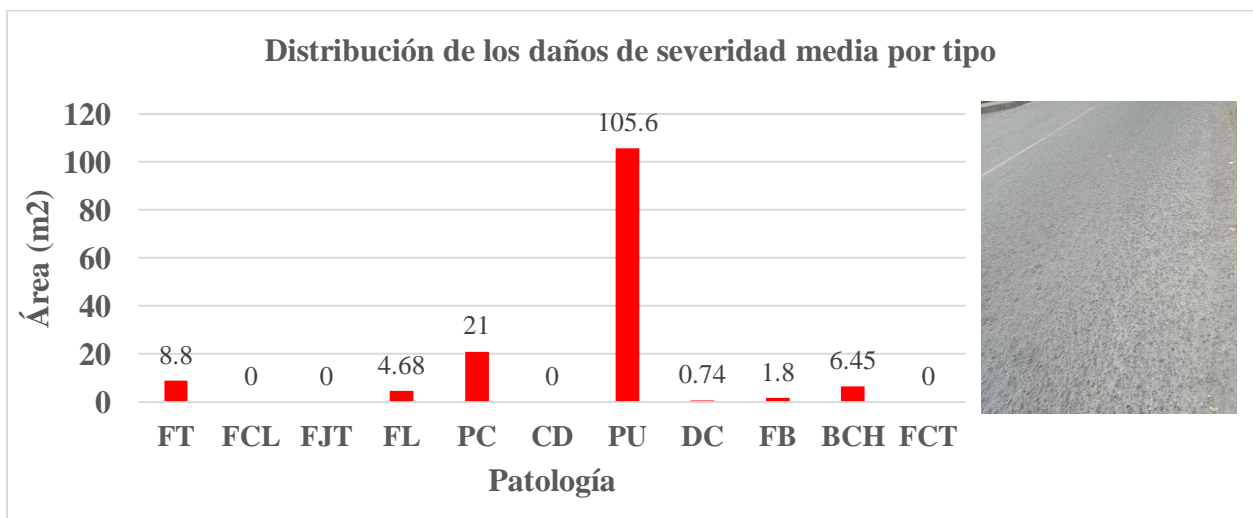


Nota. En la presente figura se muestran el área afectada por patologías en cuanto a severidad baja.
Fuente: Propia.

Según la figura se puede observar que la patología con mayor relevancia de acuerdo con la severidad baja es la fisura transversal (FT) con un área de afectación de 9.93 m².

Figura 10

Distribución de los daños de severidad media por tipo

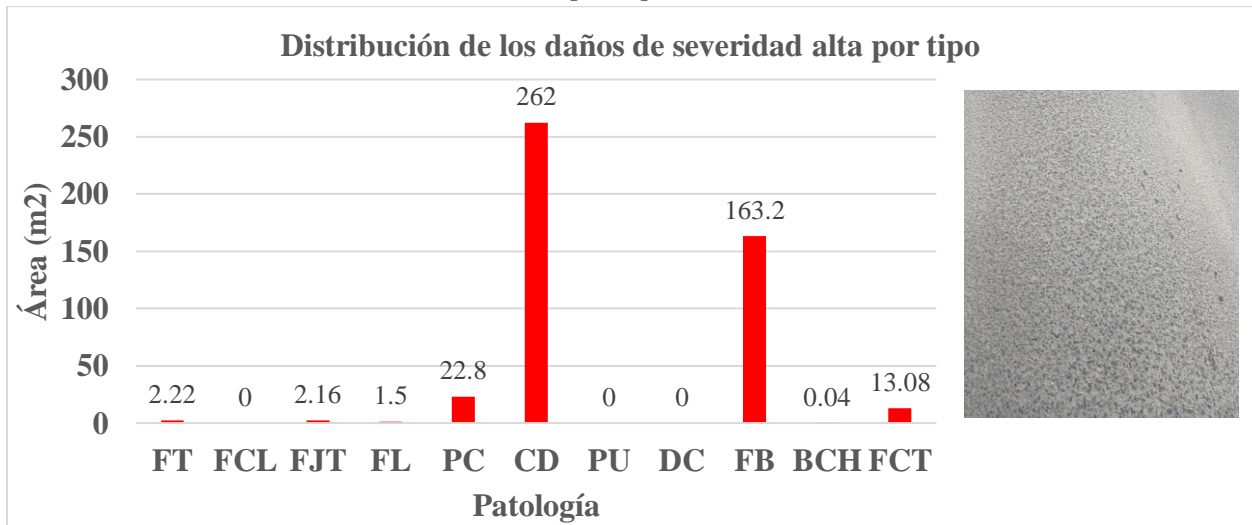


Nota. En la presente figura se muestran el área afectada por patologías en cuanto a severidad media.
Fuente: Propia.

Según la figura se puede observar que la patología con mayor relevancia de acuerdo con la severidad media es el pulimiento del agregado (PU) con un área de afectación de 105.6 m².

Figura 11

Distribución de los daños de severidad alta por tipo



Nota. En la presente figura se muestran el área afectada por patologías en cuanto a severidad alta.
Fuente: Propia.

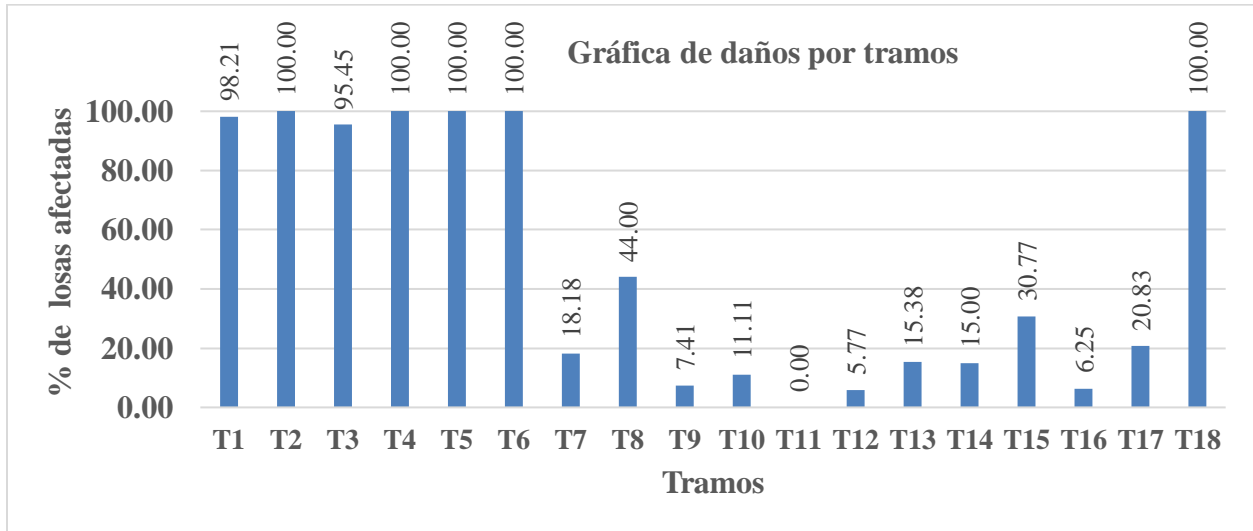
Según la figura se puede observar que la patología con mayor relevancia de acuerdo con la severidad alta son las cabezas duras (CD) con un área de afectación de 262 m².

3.2. Resultados de la inspección del pavimento rígido

Con base en la información mostrada en las anteriores tablas 1, 2 y 3, y en las figuras 4, 5 y 6, y posteriormente con el procedimiento realizado en campo en cuanto a la recolección de datos, se obtuvieron un total de 18 tramos, dentro de los cuales se clasificaron los diferentes daños encontrados sin incluir daños superficiales ni daños en berma. Por consiguiente, mediante el uso del software Excel se realizó el análisis estadístico para obtener como resultado final, un inventario de daños por tramos y por severidad agrupadas en las figuras 12 y 13.

Figura 12

Daños por tramo (Pavimento rígido)



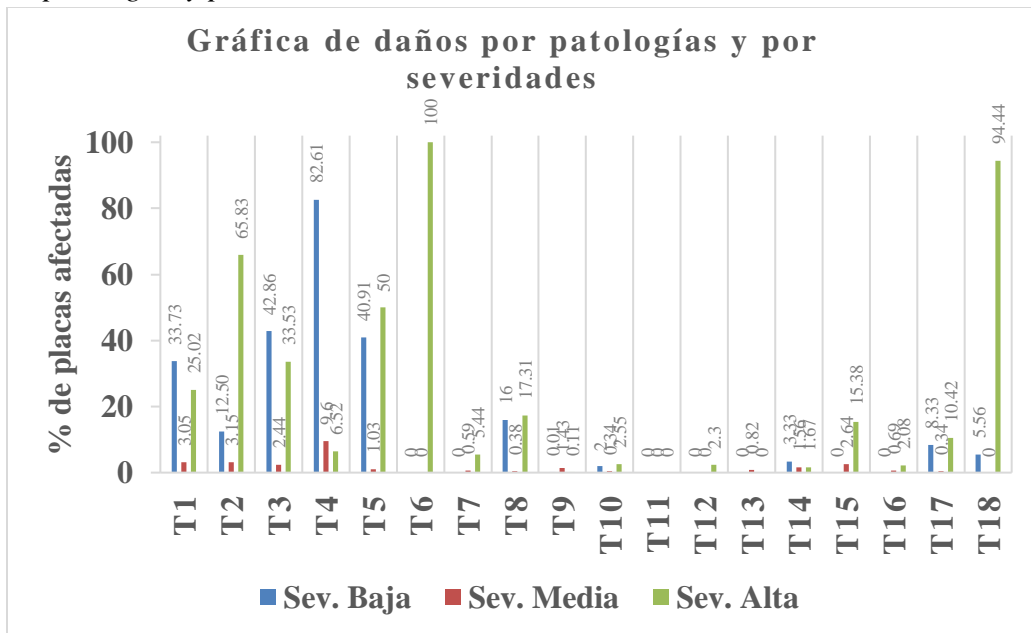
Nota. En la presente figura se muestra la información del porcentaje de losas afectadas entre los tramos T1 y T18. Fuente: Propia.

De acuerdo con la figura se puede observar que existen 5 tramos completamente deteriorados ya que el porcentaje de losas afectadas llegan a un 100%. Estos datos hacen referencia a que estos 5 tramos abarcan un 20.79% de daños frente al total de placas construidas.

A continuación, se presenta la figura 10 donde se clasifican todos los daños encontrados en la inspección visual dependiendo su severidad (Baja, media y alta).

Figura 13

Daños por patologías y por severidades



Nota. En la presente figura se muestra la información de las severidades encontradas en los tramos inspeccionados entre T1 y T18. Fuente: Propia.

De acuerdo con la figura 13 se puede observar que la severidad alta predomina mayoritariamente en los tramos 6 y 18. Siendo las grietas en bloque o múltiples (GB) las que mayor influencia tienen en estos tramos.

A continuación, se muestra la figura 14 donde se evidencia el daño de grieta en bloque que mayor afecta el pavimento rígido.

Figura 14

Grieta en bloque en pavimento rígido



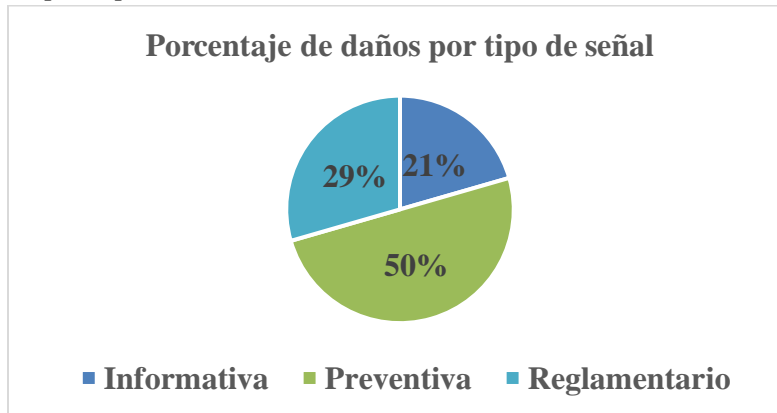
Nota. En la presente figura se muestra una grieta en bloque generada en pavimentos rígidos.
Fuente: Propia.

3.3. Resultados de la inspección de la señalización vertical

En la inspección de la señalización vertical en el tramo de estudio se clasificaron los daños en severidades baja, media y alta, ya sea por tipo de señal (Informativa, preventiva y reglamentaria). En las figuras 15 y 17 se muestran los resultados del análisis estadístico realizado en Excel dando lugar a determinar qué tipo de señal tiene mayor afectación y demás información relevante. En total 112 señales verticales están afectadas en los 3.6 km inspeccionados.

Figura 15

Porcentaje de daños por tipo de señal



Nota. En la presente figura se muestra la información del porcentaje de daños por tipo de señal.
Fuente: Propia.

Según la figura anterior se concluye que la señal con mayor porcentaje de afectación es la preventiva con un 50% del total de señales afectadas. De lo cual se determina que el factor de deterioro que más afectó las señales fue el vandalismo (grafitis).

Figura 16

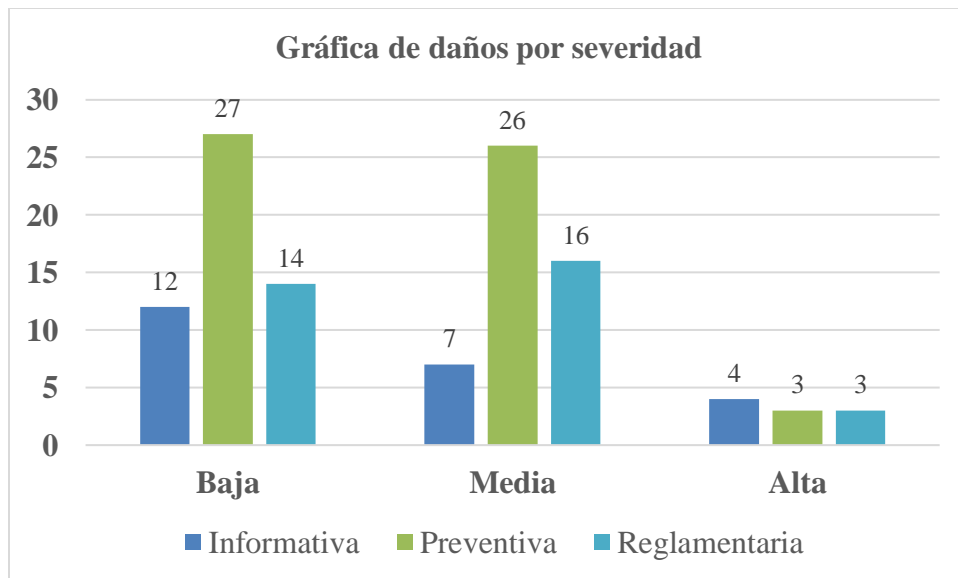
Señal preventiva con deterioro relacionado con vandalismo



Nota. En la presente figura se muestra una señal preventiva con deterioro relacionado con vandalismo. Fuente: Propia.

Figura 17

Daños por severidad



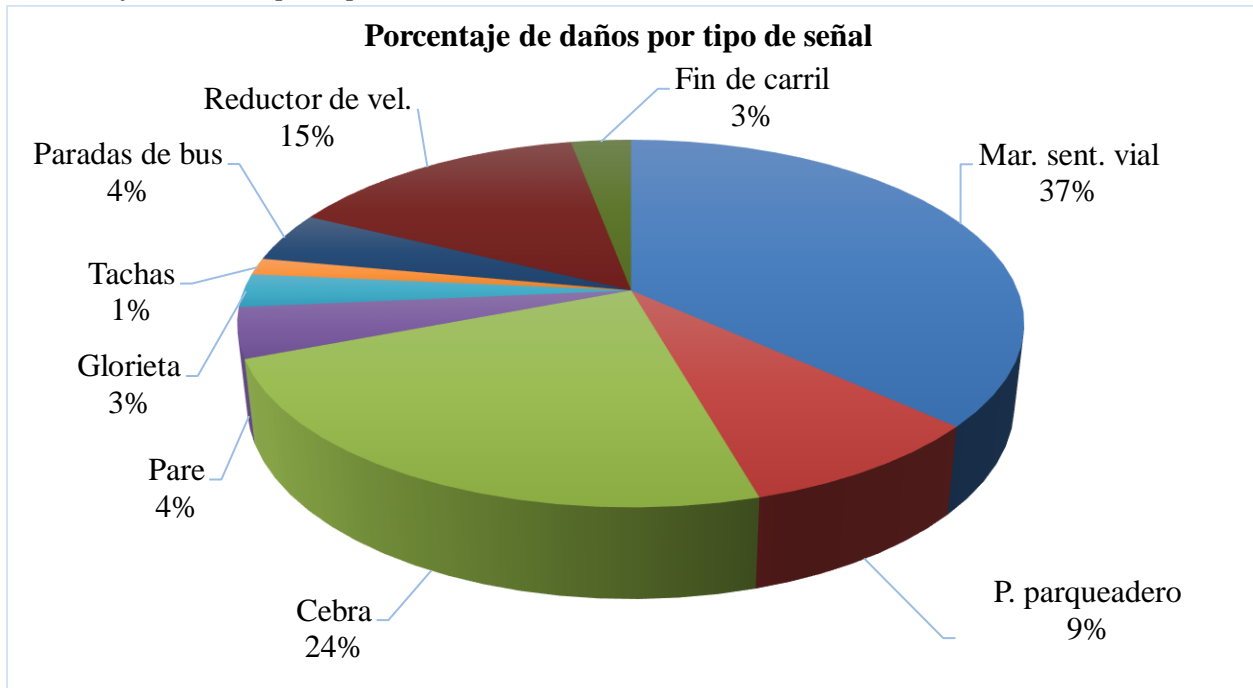
Nota. En la presente figura se muestra la información de la cantidad de daños por tipo de señal dependiendo de su severidad. Fuente: Propia.

3.4. Resultados de la inspección de la señalización horizontal

En la inspección de la señalización horizontal en el tramo de estudio se clasificaron los daños en severidades baja, media y alta, ya sea respecto a su tipo. En las figuras 18 y 20 se muestran los resultados del análisis estadístico realizado en Excel dando lugar a determinar qué tipo de señal tiene mayor afectación y demás información relevante. En total se registraron 68 diferentes tipos de daños en señales horizontales afectados en los 3.6 km inspeccionados.

Figura 18

Porcentaje de daños por tipo de señal



Nota. En la presente figura se muestra la información del porcentaje de daños por tipo de señal.

Fuente: Propia.

Según la figura anterior se concluye que la señal con mayor porcentaje de afectación es la marca de sentido vial con un 37% del total de señales afectadas. De lo cual se determina que el factor de deterioro que más afectó esta señalización fue el desgaste debido a factores como el agua y el paso de los vehículos por esta marcación.

Figura 19

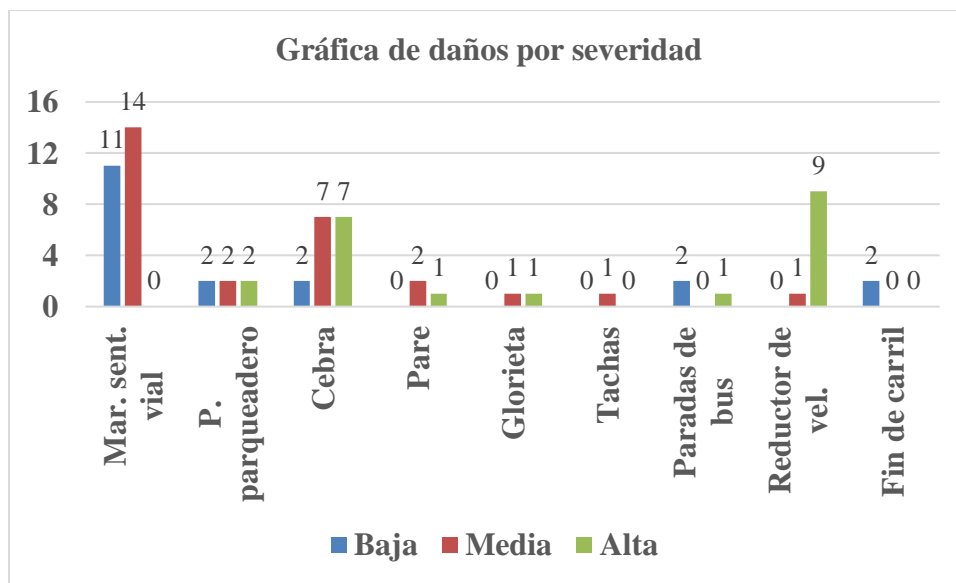
Señal horizontal de marca sentido vial deteriorada



Nota. En la presente figura se muestra el deterioro de una señal horizontal de marca de sentido vial. Fuente: Propia.

Figura 20

Daños por severidad



Nota. En la presente figura se muestra la información de la cantidad de daños por tipo de señal dependiendo de su severidad. Fuente: Propia.

3.5. Resultados de la inspección de puentes:

a) Puente peatonal (Exito de Cuba)

Figura 21

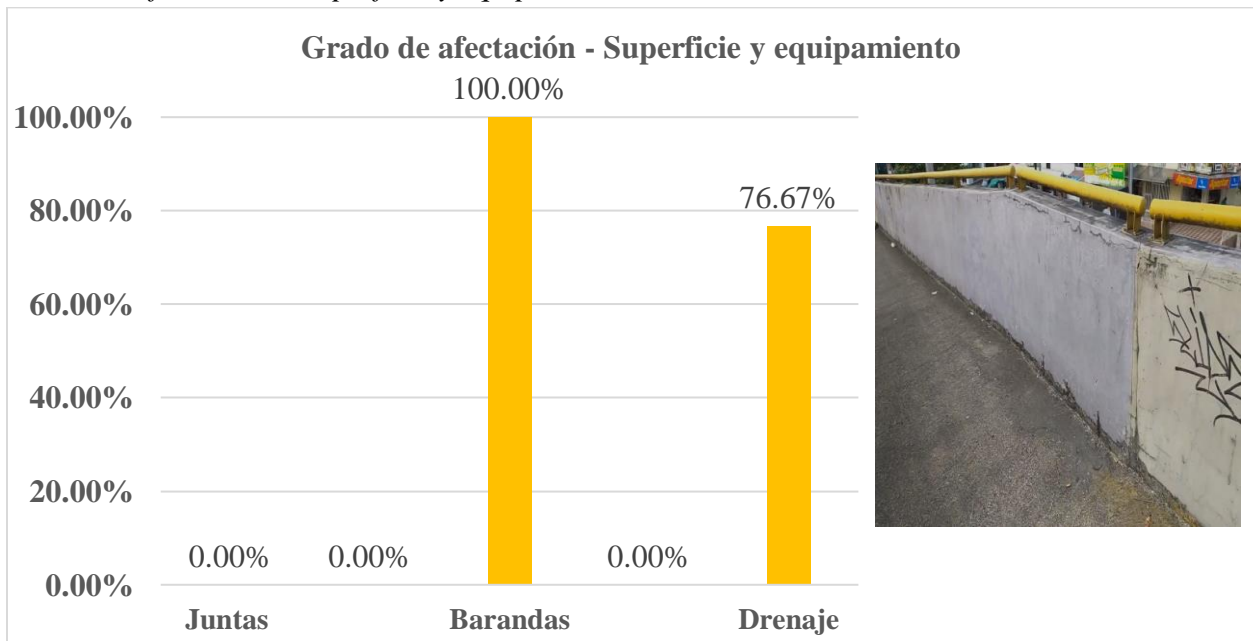
Primer puente peatonal (Exito de Cuba)



Nota. En la presente figura se muestra el primer puente peatonal inspeccionado (Exito de Cuba).
Fuente: Propia.

Figura 22

Grado de afectación – Superficie y equipamiento.

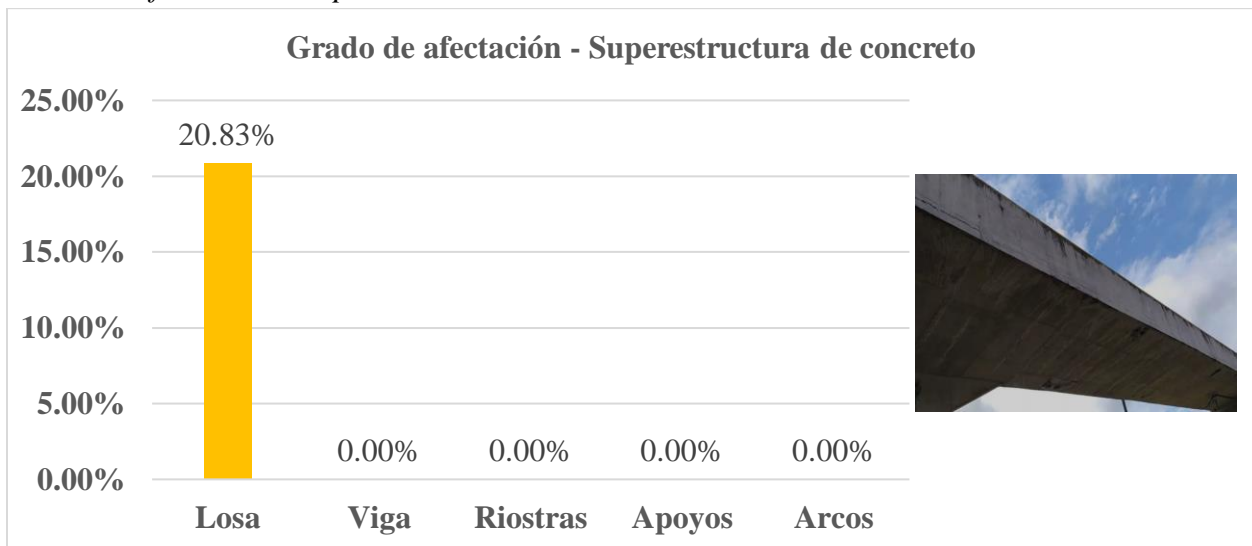


Nota. En la presente figura se muestra el grado de afectación de la superficie y equipamiento del primer puente peatonal (Exito de Cuba). Fuente: (Martínez & Sánchez, 2021).

Dado el nivel de presencia de oxido en las barandas, el vandalismo, los daños en el concreto y la exposición del acero de refuerzo, en la herramienta de cuantificación de daños se encuentra un 100% de afectación en las barandas además casi la totalidad de los drenajes del puente obstruidos por basura, finalmente las juntas del puente se encuentran en buen estado.

Figura 23

Grado de afectación – Superestructura de concreto

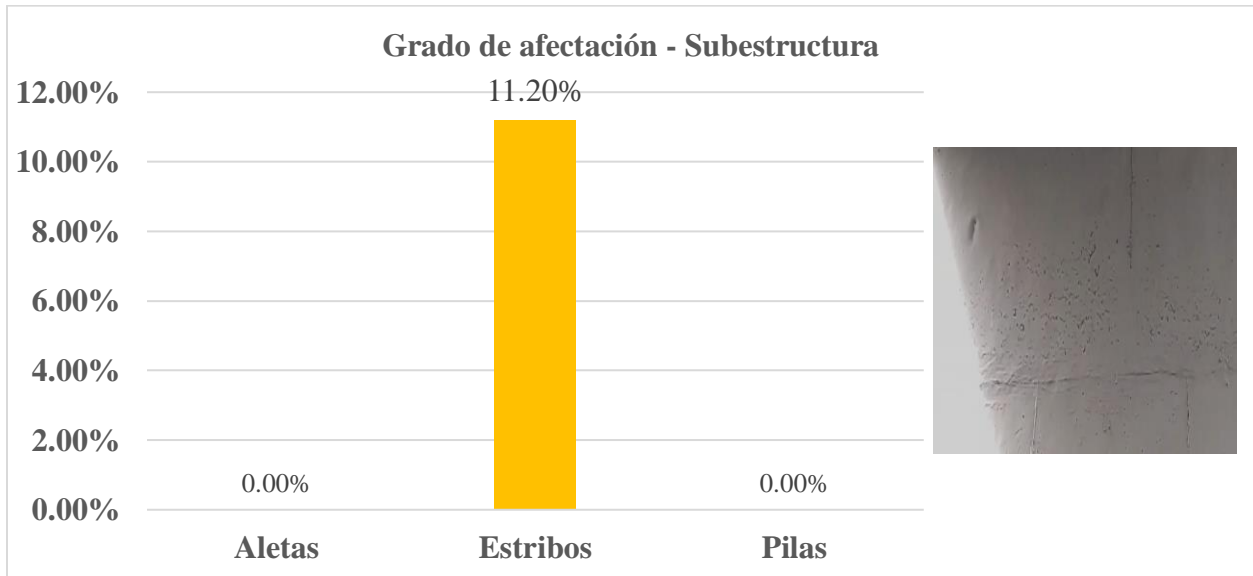


Nota. En la presente figura se muestra el grado de afectación de la superestructura de concreto del primer puente peatonal (Exito de Cuba). Fuente: (Martínez & Sánchez, 2021).

La losa de concreto del puente presentaba cierta cantidad de fisuras transversales y contaminación por agentes ambientales, dado esto, la afectación fue del 20.83% siendo un grado de afectación leve, los demás elementos que comprenden la superestructura de concreto se encuentran en buen estado.

Figura 24

Grado de afectación – Subestructura.

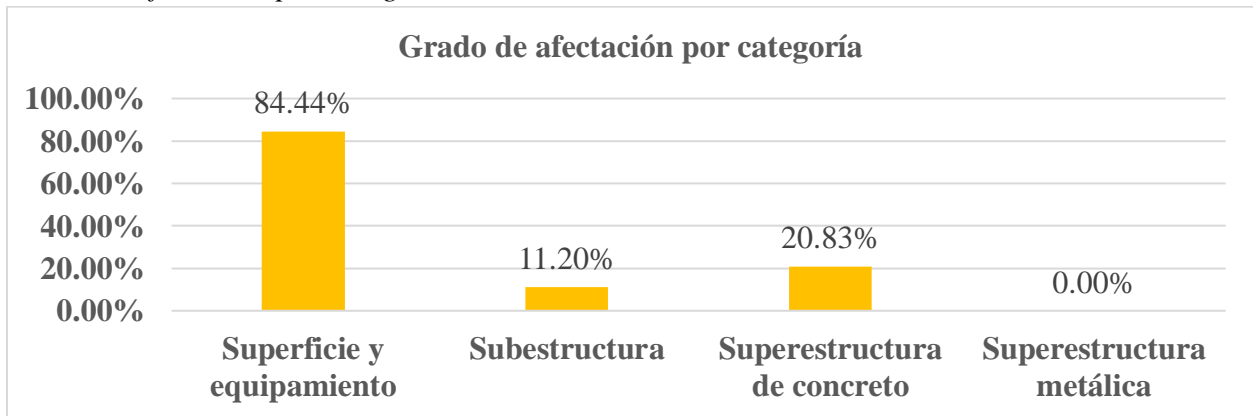


Nota. En la presente figura se muestra el grado de afectación de la subestructura del primer puente peatonal (Exito de Cuba). Fuente: (Martínez & Sánchez, 2021).

Los estribos que hacen parte del puente presentan hormigqueo en diferentes partes de este, sin embargo, no generan alertas preocupantes.

Figura 25

Grado de afectación por categoría



Nota. En la presente figura se muestra el grado de afectación por categoría del primer puente peatonal (Exito de Cuba). Fuente: (Martínez & Sánchez, 2021).

La superficie y equipamiento del puente presenta un alto nivel de deterioro respecto a los demás componentes que hacen parte del puente, esto debido a que las barandas hacen parte de esta categoría y se encontraban afectados en su totalidad debido al estado en el que se encuentra el puente actualmente se entiende que aunque es necesaria la atención y mantenimiento del

mismo, no genera una alerta preocupante puesto que los elementos con mayor afectación no son de vital importancia para su funcionamiento aunque si pueden desencadenar daños o afectaciones posteriores.

Tabla 7

Resumen de resultados del primer puente peatonal (Exito de Cuba)

Grado de afectación total de la estructura
27.42 %
Condición del puente
Se requiere mantenimiento a largo plazo
Con énfasis en
Superficie y equipamiento

Nota. En la presente tabla se muestra el resumen del resultados del primer puente peatonal (Exito de Cuba). Fuente: (Martínez & Sánchez, 2021).

El análisis del puente ubicado en el barrio Cuba concluye con que el grado de afectación en el que se encuentra no es alarmante pero no lo excluye de la necesidad de ser tendido para desarrollar mantenimientos.

b) Puente peatonal (Villa Verde)

Figura 26

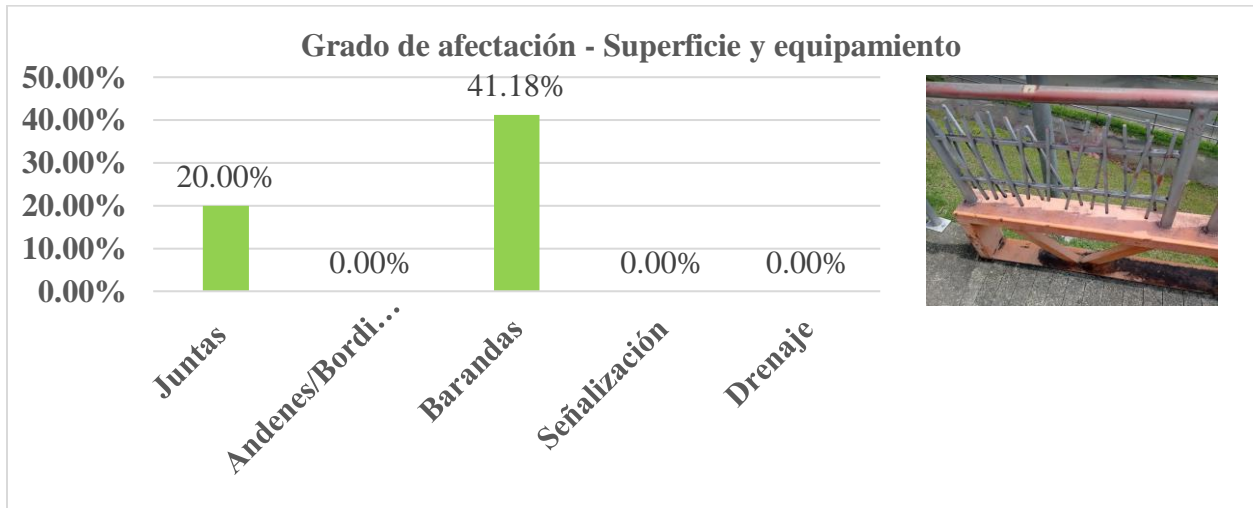
Segundo puente peatonal (Villa Verde)



Nota. En la presente figura se muestra el segundo puente peatonal inspeccionado (Villa Verde)
Fuente: Propia

Figura 27

Grado de afectación – Superficie y equipamiento.

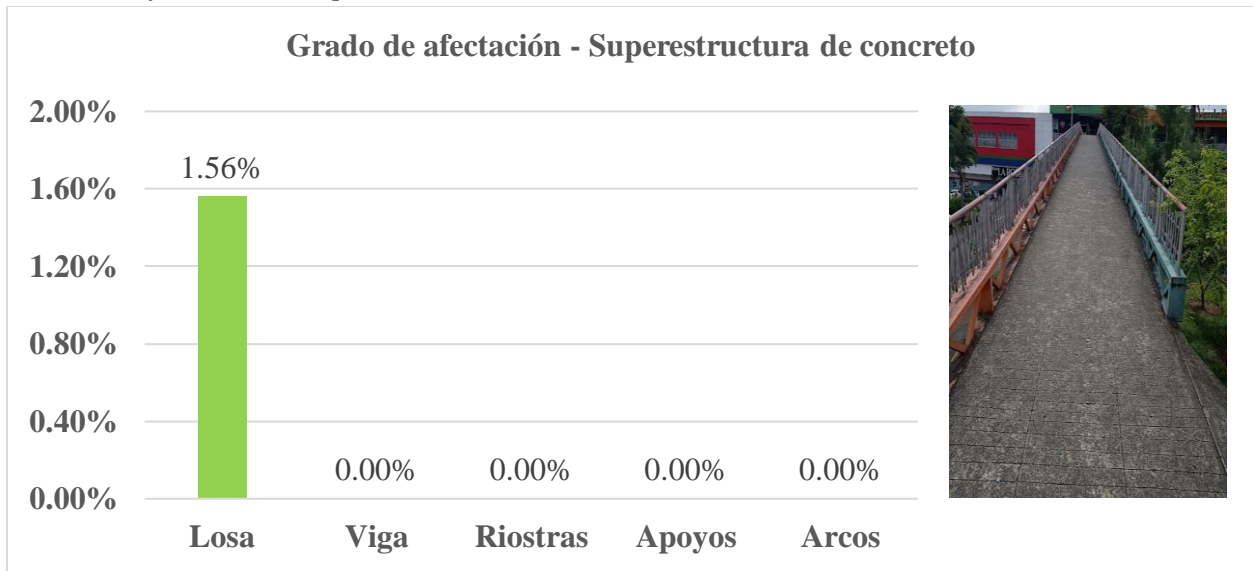


Nota. En la presente figura se muestra el grado de afectación de la superficie y equipamiento del segundo puente peatonal (Villa verde). Fuente: (Martínez & Sánchez, 2021).

Las juntas del puente metálico ubicado en el barrio Villa verde presentan cierto nivel de oxidación y taponamiento y las barandas sufría grandes áreas de pérdida de pintura y leves apariciones de oxido.

Figura 28

Grado de afectación – Superestructura de concreto

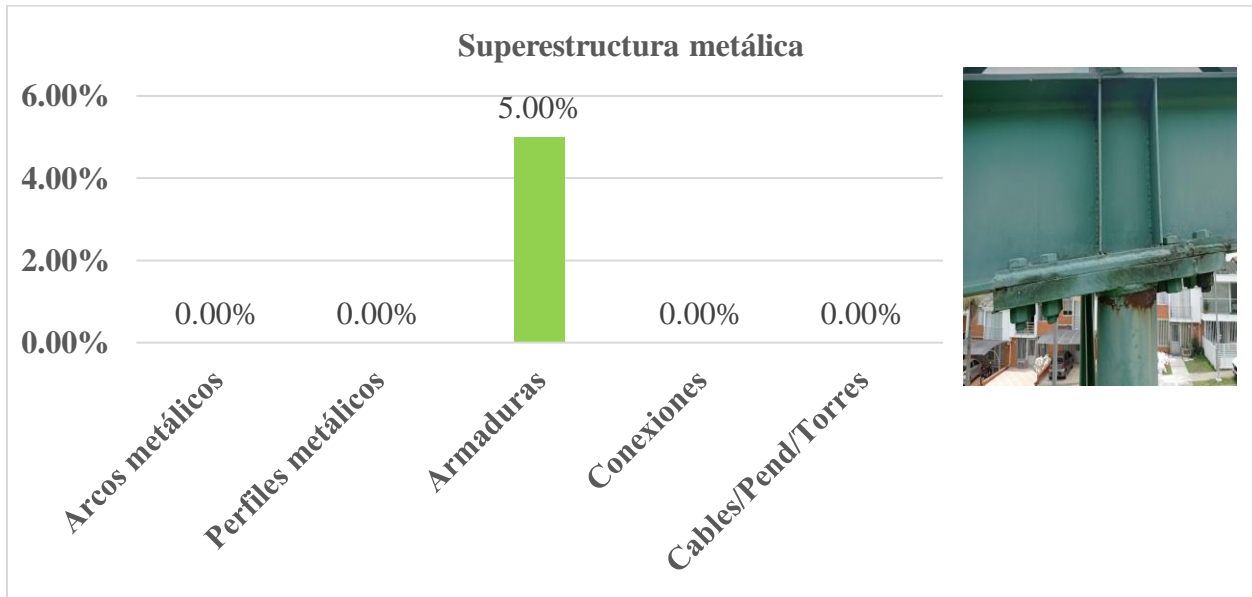


Nota. En la presente figura se muestra el grado de afectación de la superestructura de concreto del segundo puente peatonal (Villa verde). Fuente: (Martínez & Sánchez, 2021).

La losa del puente presentaba leves desportillamientos y pérdidas del rallado, sin embargo, en un bajo grado, siendo este el único elemento de concreto que contempla la superestructura del puente.

Figura 29

Grado de afectación – Superestructura metálica

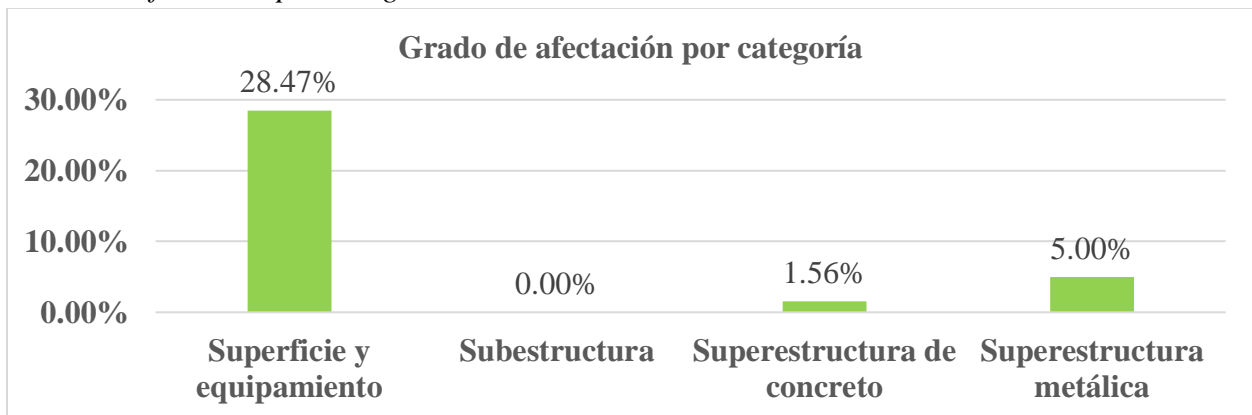


Nota. En la presente figura se muestra el grado de afectación de la superestructura metálica del segundo puente peatonal (Villa verde). Fuente: (Martínez & Sánchez, 2021).

Para los elementos que componen la superestructura metálica la única que sufre alguna afectación son las armaduras en donde se evidenciaron pequeñas apariciones de oxido dada la desprotección del sitio por la desaparición de la pintura.

Figura 30

Grado de afectación por categoría



Nota. En la presente figura se muestra el grado de afectación por categoría del segundo puente peatonal (Villa Verde). Fuente: (Martínez & Sánchez, 2021).

La figura 30 enseña que la categoría que representa mayor afectación para el puente es la superficie y equipamiento del puente, dado que las barandas presentan un nivel medianamente de afectación, las superestructuras tanto metálicas como de concreto están casi en perfectas condiciones.

Tabla 8

Resumen de resultados del segundo puente peatonal (Villa Verde)

Grado de afectación total de la estructura
% 7.48
Condición del puente
Se requiere mantenimiento a largo plazo
Con énfasis en
Ninguno

Nota. En la presente tabla se muestra el resumen del resultados del segundo puente peatonal (Villa Verde). Fuente: (Martínez & Sánchez, 2021).

El análisis del puente ubicado en el barrio Villa verde concluye mostrando que dentro de la generalidad el estado del puente es muy bueno y no alerta a sus usuarios en su uso, puesto que los elementos estructurales que son de vital importancia para su funcionamiento están en muy buen estado, esta condición es significativamente diferente a la del puente ubicado en el barrio Cuba puesto que este último es más antiguo y la calle 71 la cual es el obstáculo que salva es generalmente transitada por vehículos pesados a diferencia del puente de ubicado en el barrio Villa verde puesto que este está ubicado en zona residencial.

4. Conclusiones

En el desarrollo del análisis visual de las patologías en la infraestructura vial del tramo ubicado entre el Éxito de Cuba y el CAI de Villa Verde en Pereira, Risaralda, se realizó mediante las lineaciones sugeridas por las normas de inspección visual de vías soportadas por el Instituto Nacional de Vías, se determinó que el área total afectada es de 6420.12 m² área que representa un 17.86% de área construida total en el tramo inspeccionado, se determinó que el porcentaje construido en pavimento rígido y pavimento flexible es de 41.65% y 58.35% respectivamente, en donde el área afectada frente al total construido en pavimento rígido y pavimento flexible es de 37.03% y 4.18% respectivamente; gracias al análisis estadístico de los inventarios de daños y fallas se determina que los tramos con mayor porcentaje de afectación en pavimento rígido fueron T2, T4, T5, T6 y T18 los cuales en sus 100 metros construidos sufre un 100% de daños y T1 y T3 con más del 95% de daño, lo que representa un 13.19% frente al área vial construida y los tramos con mayor porcentaje de afectación en pavimento flexible son T5 y T6, los cuales en sus 100 metros construidos sufren entre ambos el 1.54% de daños, de este mismo modo se evidencio que la patología que se encuentra con mayor frecuencia en el pavimento rígido fue pulimiento con el

6.23% de afectación y en el pavimento flexible fue cabezas duras representando el 1.01% de afectación en el área total de la vía.

Respecto a la inspección de la señalización, se determina que las marcas de sentido vial son las señales horizontales que se encuentra más repetida en el tramo analizado representando un 36,76% de la totalidad de las señales encontradas siendo esta misma la señal más afectada por perdida parcial o total de su pintura debido al constante paso de vehículos y la abrasión de los neumáticos además de la exposición a la intemperie, por otro lado en la señalización vertical se conoce que la señal con mayor nivel de afectación es la preventiva representando un 50% de la totalidad de las señales contempladas debido a la perdida de la pintura reflectiva o al vandalismo de la señal.

Por último, mediante la inspección practicada a los dos puentes peatonales encontrados en el tramo de vía, se determina que el puente peatonal metálico presenta delaminación de la pintura y breves apariciones de corrosión tanto en las barandas como en la superestructura metálica aunque esta última en menor proporción, es notorio que el deterioro del puente metálico ubicado en Villa verde sufre deterioro en una proporción mucho más baja que el ubicado en Cuba, para esto es posible establecer la hipótesis de que el tráfico que transita por aquel sector es de una carga menor que al que transita por el puente del barrio Cuba, además la construcción de este puente es más reciente que el anteriormente mencionado, debe agregarse que al presentar un valor porcentual de afectación del 7.48% de la estructura se recomienda un mantenimiento a largo plazo para dar control a las afectaciones presentes en la actualidad; así mismo, según la inspección del puente peatonal de concreto, presenta como principal patología la contaminación por agentes ambientales de sus componentes, además de hormigúeo en la superestructura de hormigón y perdida de recubrimiento en superficie y escaleras de acceso, por tal motivo la aparición de acero de refuerzo y corrosión del mismo, todo esto y demás patologías menos relevantes pero ya plasmadas en el presente informe corresponden a un 27.42% de afectación en la estructura del puente, en donde gracias a la herramienta de cuantificación del grado de afectación de la estructura del puente basado en la metodología de inspección de puentes en el manual de inspección visual de puentes y pontones del INVIAS se hace la recomendación de establecer un mantenimiento a largo plazo haciendo énfasis en la superficie y equipamiento ya que este apartado presenta un porcentaje de daño del 84,44% del área total construida, un valor muy elevado respecto a los demás apartados de dicho puente en donde la subestructura sufre un 11.2% de afectación y la superestructura de concreto la cual refleja un 20.83% de daños en sus elementos.

La participación de los entes públicos encargados del mantenimiento de la infraestructura vial de la ciudad de Pereira no ha tenido el foco puesto en el sector de cuba, aun siendo esta una de las comunidades más grandes de Pereira, la vía que fue inspeccionada presenta un alto nivel de deterioro en los puntos que fueron construidos con mayor antigüedad y por los que transita mayor volumen vehicular, de este modo son los tramos con mayor importancia para la comunidad los que

se encuentran en las peores condiciones y requiere atención y mantenimiento correctivo y preventivo a corto plazo.

Referencias:

- Abdellatif, M., Peel, H., Cohn, A. G., & Fuentes, R. (2019). *Hyperspectral Imaging for Autonomous Inspection of Road Pavement Defects*. *Isarc*, 384-392.
- Arya, W., Yanny, S., & Alfian, M. (2020). *Effects of cup lump natural rubber as an additive on the characteristics of asphalt-rubber products* *Effects of cup lump natural rubber as an additive on the characteristics of asphalt-rubber products*. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/845/1/012050>
- Becerra Delgado, A. E., & Sánchez Reinoso, P. S. (2018). *Evaluación De La Condición Del Pavimento Del Sector El Valle Y Su Marco Sostenible*. 339.
- Buitrago, C. A. (2018). *Análisis comparativo de la inspección visual de un pavimento flexible, por los métodos tradicional y por sensores remotos en un kilómetro de la calle séptima en el municipio de cajica cundinamarca*. 93.
- Conde, R. A., & Ortiz, R. A. (2016). *Inspección visual de daños vía Pereira, Risaralda – Alcalá, valle*.
- Deef-Allah, E., Abdelrahman, M., Fitch, M., Ragab, M., Bose, M., & He, X. (2019). *Balancing the performance and environmental concerns of used motor oil as rejuvenator in asphalt mixes*. *Recycling*, 4(1). <https://doi.org/10.3390/recycling4010011>
- Díez, J. F. C., Toro, J. A. L., Vásquez, J. M. R., & Polanco, N. W. (2015). *Inspección visual del tramo de vía localizado en la carrera 11 entre calles 26-31 y carrera 12 entre calles 24-40 de la ciudad de Pereira*. *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 153-154.
- Echaveguren, T., Vargas, S., Concha, E., & Soto, A. (2010). *Metodoloia De Inspeccion Para El Sistema De Gestion De Pavimentos Urbanos SIGMAP*. 1-14.
- Flores, C. A. C., Delgadillo Sturla, R., & González Vacarezza, Á. (2019). *Metodología de inspección de caminos no pavimentados a través de un sistema de cámaras de bajo costo*.
- Gao, J., Liu, P., Wu, Y., Xu, Y., & Lu, H. (2021). *Moisture damage of asphalt mixture and its evaluation under the long-term soaked duration*. *International Journal of Pavement Research and Technology*, 14(5), 607-614. <https://doi.org/10.1007/s42947-020-0176-z>
- García de la Oliva, J. L., & Moreno Robles Javier. (2018). *Desafíos en el ámbito de las patologías de las obras lineales* *Challenges Concerning Pathologies of Roads and Railway Lines*. 45-62.
- Gavilán, M., Balcones, D., Marcos, O., Llorca, D. F., Sotelo, M. A., Parra, I., Ocaña, M., Aliseda, P., Yarza, P., & Amírola, A. (2011). *Adaptive road crack detection system by pavement classification*. *Sensors*, 11(10), 9628-9657. <https://doi.org/10.3390/s111009628>
- Gitleman, L. (2014). *Determinación y evaluación de patologías del concreto en la cuneta de la carretera Carhuaz - San Luis entre las progresivas (3+000 al 4+000) del distrito de Carhuaz, provincia de Carhuaz, departamento de Ancash, 2018*. *Paper Knowledge . Toward a Media History of Documents*.
- Goenaga, B., Underwood, S., & Fuentes, L. (2020). *Effect of speed bumps on pavement condition*. *Transportation Research Record*, 2674(9), 66-82. <https://doi.org/10.1177/0361198120927005>
- Guo, S., Xiong, Q., Li, J. M., Yu, L., & Zuo, L. (2018). *Truck Suspension Control for Pavement Protection at Signalized Intersections*. *Proceedings of the American Control Conference, 2018-June*, 3696-3701.

<https://doi.org/10.23919/ACC.2018.843144>
9

Ho, M. C., Lin, J. D., & Huang, C. F. (2020). Automatic image recognition of pavement distress for improving pavement inspection. *International Journal of GEOMATE*, 19(71), 242-249.

<https://doi.org/10.21660/2020.71.96640>

INVIAS. (2006a). *Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles*. www.invias.gov.co

INVIAS. (2006b). *Manual para la inspección visual de pavimentos rígidos*. www.invias.gov.co

INVIAS. (2006c). *Manual para la inspección visual de puentes y pontones*. 68. www.invias.gov.co

INVIAS. (2015). *Manual de señalización vial dispositivos uniformes para la regulación del tránsito en calles, carreteras y ciclorutas de Colombia*.

Izquierdo, S. I. S., Romero, L. H. R., & Sánchez, H. J. N. (2017). *Inspección visual del estado patológico de las vías rurales (Pompeya Pete Guayuriba, La María Resguardo Indígena, el Cruce de Ocoa La Reliquía, basado en el manual de inspección visual de INVÍAS. Universidad Cooperativa de Colombia, 1-107*. <https://repository.ucc.edu.co/handle/20.500.12494/5532>

Jaimes, H. A. G., Valero, D. A. R., & Ayala, J. D. V. (2017). *Estudio e inspección visual del estado patológico de la malla vial del municipio Villavicencio, comuna 8, sector 2 que comprende la vía Acacias en sentido Villavicencio- Acacias costado izquierdo desde caño pendejo hasta el barrio catumare*. Janas, L., Kaszyński, A., & Michalak, E. (2019). *Rules for using the point rating scales in inspections of road bridges*.

Jiménez, C. A. A., & Hurtado, L. M. R. (2019). *Inspección visual de tramos de vía en el límite de villa del prado con el barrio el dorado, hasta la intersección de la avenida del poblado i con la avenida sur, de la ciudad*

de Pereira, Risaralda.

Kotowska, D., Pärt, T., & Żmihorski, M. (2021). Evaluating Google Street View for tracking invasive alien plants along roads. *Ecological Indicators*, 121(August 2020). <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.107020>

Loba Duque, W. A. (2018). *Comparación De La Normatividad De México Y Colombia Para Los Proyectos De Infraestructura Vial*. 92.

Lu, Y. J., Wang, L. J., Yang, Q., & Ren, J. Y. (2018). Analysis of asphalt pavement mechanical behaviour by using a tire-pavement coupling model. *International Journal of Simulation Modelling*, 17(2), 245-256.

[https://doi.org/10.2507/IJSIMM17\(2\)423](https://doi.org/10.2507/IJSIMM17(2)423)

Marovi, I., Androji, I., & Hanák, T. (2018). *Urban Road Infrastructure Maintenance Planning with Application of Neural Networks*. 2018.

Martinez, J., & J.Sanchez. (s. f.). *TOOL FOR QUANTIFICATION OF DAMAGE IN BRIDGES AND PRACTICAL*. 1-22.

Medina, R., Bermejo, J. G. G., & Zalama, E. (2010). Automated visual inspection of road surface cracks. 2010 - 27th International Symposium on Automation and Robotics in Construction, ISARC 2010, Isarc, 155-164. <https://doi.org/10.22260/isarc2010/0017>

Miraliakbari, A., Sok, S., Ouma, Y. O., & Hahn, M. (2016). Comparative evaluation of pavement crack detection using Kernel-based techniques in Asphalt road surfaces. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives*, 2016-Janua(July), 689-694. <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XLI-B1-689-2016>

Miyamoto, A. (2013). Development of a remote collaborative visual inspection system for road condition assessment. *Key Engineering Materials*, 569-570, 135-142. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/K>

EM.569-570.135

Mulyawan, A., Saleh, S. M., & Anggraini, R. (2020). Simulation of road treatment costs based on life-cycle cost analysis. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 933(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/933/1/012024>

Ovalle, G. O. (2016). El papel de las vías secundarias y los caminos vecinales en el desarrollo de Colombia. *Revista de Ingeniería*, 0(44), 9-10. <https://doi.org/10.16924/riua.v0i44.911>

Pinatt, J. M., Chicati, M. L., Ildefonso, J. S., & Filetti, C. R. G. D. arc. (2020). Evaluation of pavement condition index by different methods: Case study of Maringá, Brazil. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 4(xxxx). <https://doi.org/10.1016/j.trip.2020.100100>

Ranjbar, S., Nejad, F. M., & Zakeri, H. (2021). An image-based system for asphalt pavement bleeding inspection. *International Journal of Pavement Engineering*, 0(0), 1-17. <https://doi.org/10.1080/10298436.2021.1932881>

Saldarriaga, J. D., Cadena, B. S. V., & Cardoza, J. F. O. (2019). Mejoramiento de subrasante en vías de tercer orden. *Ayañ*, 8(5), 132-133.

Sandoval, C. H. H., & Merchán, Ó. F. P. (2010). PATOLOGÍA DE PAVIMENTOS ARTICULADOS. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 9(17), 75-94.

Shchegoleva, N. V., Asoyan, A. R., Akulova, N. E., Pronnikov, A. N., & Salamahin, P. M. (2020). Digital technologies in the survey of road sections. *Journal of Physics: Conference Series*, 1661(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1661/1/012192>

Sholichin, I., & Rumintang, A. (2018). Relation analysis of road damage with excessive vehicles load on Kalianak road Surabaya. *Journal of Physics: Conference Series*, 953(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/953/1/012231>

6596/953/1/012231

Suwarto, F., Kurnianto, Y. F., Setiabudi, B., & Sholeh, M. N. (2021). Toll road maintenance towards minimum service standard. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 700(1). <https://doi.org/10.1088/1757-1315/700/1/012058>

Takanashi, M. (2020). Road-Deterioration Detection using Road Vibration Data with Machine-Learning Approach.

Tsai, Y. C. (James), Zhao, Y., Pop-Stefanov, B., & Chatterjee, A. (2021). Automatically detect and classify asphalt pavement raveling severity using 3D technology and machine learning. *International Journal of Pavement Research and Technology*, 14(4), 487-495. <https://doi.org/10.1007/s42947-020-0138-5>

Vega, J., Rodriguez, M., & Alarcon, L. (2019). Implementation of a GIS-based pilot application for roads management applied to the conservation and maintenance of unpaved low traffic roads. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 362(1). <https://doi.org/10.1088/1757-1315/362/1/012024>

Wang, Y. J., Ding, M., Kan, S., Zhang, S., & Lu, C. (2019). Deep Proposal and Detection Networks for Road Damage Detection and Classification. *Proceedings - 2018 IEEE International Conference on Big Data, Big Data 2018*, 5224-5227. <https://doi.org/10.1109/BigData.2018.8622599>

Yacout, S., & Montreal, P. (s.f.). Using Artificial Intelligence for Block Maintenance of Pavement Segments with Similar Degradation Profile. *2019 Annual Reliability and Maintainability Symposium (RAMS)*, 1-5.

Yin, J., Qu, J., Huang, W., & Chen, Q. (2021). Road damage detection and classification based on multi-level feature pyramids. *KSII Transactions on Internet and Information Systems*, 15(2), 786-799. <https://doi.org/10.3837/tiis.2021.02.022>

*Zambrano, G. Z. V., & Beyk, J. P. Z. (2020).
Diseño de 1 km. de pavimento de la nueva vía
de evitamiento en la ciudad de abancay (km.
1+000 a 2+000).*

*Zárate, D. B., & Bellido, W. M. (2015).
Diagnóstico Del Estado Del Pavimento En
La Red Vial Del Barrio Los Caracoles En La
Ciudad De Cartagena. Universidad De
Cartagena, 000(GI-DO/PC-001), 1-32.*