

**CREACIÓN DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICO A PARTIR DE LA
RECOPIACIÓN DE DATOS DEL ESTADO DEL PAVIMENTO EN LA CABECERA
MUNICIPAL DE VILLAVICENCIO – META**



Por:
Mónica Paola Carolina Beltrán González
Alexandra Ramírez Carrero



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
VILLAVICENCIO
2020

**CREACIÓN DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICO A PARTIR DE LA
RECOPIACIÓN DE DATOS DEL ESTADO DEL PAVIMENTO EN LA CABECERA
MUNICIPAL DE VILLAVICENCIO - META**



Por:
Mónica Paola Carolina Beltrán González
Alexandra Ramírez Carrero

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

Aprobado por:
I.C. Jessica María Ramírez Cuello, M.S.
Director

Ing. Juan Pablo Zuluaga Huertas, M.S.
Codirector

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
VILLAVICENCIO
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, M.S.
Decano Facultad de Ingeniería Civil

Nota de aceptación

Ing. Manuel Eduardo Herrera Pabón
Decano Facultad Ingeniería Civil

Ing. Jessica María Ramírez Cuello
Director Trabajo de Grado

Ing. Juan Pablo Zuluaga Huertas
Codirector Trabajo de grado

Ing. Sergio Enrique Arguello Vera
Jurado

Villavicencio, 25 de Noviembre de 2020

RESUMEN

Actualmente Villavicencio se encuentra avanzando en el desarrollo y mejoramiento de la malla vial, por lo tanto, es indispensable identificar el estado la misma teniendo en cuenta que este municipio abarca un gran porcentaje de conectividad vial con otros municipios. Mediante la recopilación de datos se crea una base de datos en la aplicación ArcMap junto a la herramienta Excel con el propósito de determinar el estado de la infraestructura vial de Villavicencio estudiada hasta el momento en proyectos de grado de diferentes universidades. El conjunto de proyectos recopilados usa la metodología de inspección visual del INVIAS y cinco de estos realizan el cálculo del índice de condición del pavimento los cuales se encuentran entre regular-malo; dando como resultado una recopilación del 6.35% de las vías de Villavicencio, entre ellas estructuras con pavimento flexible, rígido y vías sin pavimentar. Los principales daños encontrados fueron desgaste en la capa superficial y baches causados por el alto tráfico de vehículos al ser vías principales en zonas residenciales, escolares y de conectividad intermunicipal; adicionalmente se deja plasmado el instructivo con el fin de que futuros interesados puedan agregar información a la base de datos.

Palabras clave: Afectación, ArcMap, datos, Excel, infraestructura, pavimento.

ABSTRACT

Villavicencio is currently making progress in the development and improvement of the road network, therefore, it is essential to identify the state, taking into account that this municipality covers a large percentage of road connectivity with other municipalities. By collecting data, a database is created in the ArcMap application together with the Excel tool in order to determine the state of the Villavicencio road infrastructure studied so far in degree projects from different universities. The set of projects compiled use the INVIAS visual inspection methodology and five of these perform the calculation of the pavement condition index, which are between fair-bad; resulting in a collection of 6.35% of the roads in Villavicencio, including structures with flexible, rigid pavement and unpaved roads. The main damages found were wear in the surface layer and potholes caused by high vehicle traffic as they are main roads in residential, school and inter-municipal connectivity areas; additionally, the instructions are set out so that future interested parties can add information to the database.

Key word: ArcMap, data, Excel, impact, infrastructure, pavement.

CONTENIDO

1. Introducción.....	11
2. Formulación del Problema.....	12
2.1. Descripción Del Problema	12
2.2. Formulación del problema	12
3. Justificación.....	13
4. Objetivos	14
4.1. Objetivo General	14
4.2. Objetivos Específicos	14
5. Alcance	15
6. Marco de Referencia	16
6.1. Marco Teórico.....	16
6.2. Marco Conceptual.....	17
6.3. Estado del Arte	19
6.4. Marco Normativo	20
6.5. Marco Geográfico.....	21
7. Metodología	23
7.1. Población, Muestras, Variables E Instrumentos De Recolección De Datos	24
8. Etapa 1. Recopilar Información.....	25
9. Etapa 2. Organizar Datos Recopilados	26
10. Etapa 3. Crear Base de Datos.....	27
11. Etapa 4. Creación Instructivo de la Base de Datos	29
12. Resultados e impacto.....	30
12.1. Resultados	30
12.2. Impactos.....	33
13. Conclusiones Y Trabajos Futuros	34
13.1. Conclusiones	34

13.2. Trabajos Futuros	34
14. Anexos.....	37

LISTA DE TABLAS

Tabla 5.1. <i>Stakeholders</i> . _____	15
Tabla 6.1. Rangos de calificación del PCI. _____	17
Tabla 6.2. Antecedentes de la cabecera municipal. _____	20
Tabla 6.3. Normativa utilizada. _____	20
Tabla 7.1. Desarrollo metodológico. _____	23
Tabla 7.2. Población, muestras, variables e instrumentos de recolección de datos. ____	24
Tabla 8.1. Resumen datos de las tesis a relacionar _____	25
Tabla 12.1. Sección de resultados _____	33
Tabla 12.2. Impactos generados. _____	33

LISTA DE FIGURAS

Figura 6.1. Localización del municipio donde se realiza el proyecto	21
Figura 6.2. Mapa de afectación de las vías estudiadas en Villavicencio.	22
Figura 7.1. Etapas de la Metodología	23
Figura 10.1. Mapa de vías estudiadas, escala 1:40.000.	27
Figura 10.2. Mapa “afectación vías estudiadas al sur de Villavicencio”.	28
Figura 12.1. Estructura del pavimento de los tramos estudiados.	30
Figura 12.2. Daños presentes en los tramos con pavimento rígido.	31
Figura 12.3. Daños presentes en los tramos con pavimento flexible	31
Figura 12.4. PCI evaluado en los tramos con pavimento flexible.	32
Figura 12.5. PCI evaluado en los tramos con pavimento rígido.	32

1. INTRODUCCIÓN

El mejoramiento de la estructura de pavimento en Villavicencio es un instrumento que contribuye con el desarrollo de la ciudad, es por esto, que la presente investigación promueve la creación de una base de datos actualizable del estado del pavimento por medio de un sistema de información geográfico (SIG) de la cabecera municipal de Villavicencio – Meta y, con esta información, establecer cuáles son las vías más afectadas que necesitan un mantenimiento inmediato.

La metodología inicia con una recopilación de datos de proyectos de grado que hayan estudiado el estado de pavimento con la metodología de “*pavement condition index* (PCI)” [1] y desarrollado los levantamientos de daño bajo los manuales de “inspección visual de pavimento flexible” [2] e “inspección visual de pavimento rígido” [3] del instituto nacional de vías (INVIAS) en la cabecera municipal de Villavicencio - Meta. Esto con el fin de tener la información sobre la cual se crea la base de datos del estado del pavimento en la cabecera municipal de Villavicencio - Meta por medio de la herramienta ArcMap y así tener claridad sobre las zonas más afectadas.

Para finalizar se realiza un análisis de las vías más afectadas en la zona de estudio y sus daños más frecuentes con el fin de, en futuros estudios o proyectos de grado se actualice la base de datos agregando información del estado de otros tramos de la cabecera municipal y así analizar sus causas.

2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El municipio de Villavicencio - Meta es el punto más importante de conectividad vial que existe al oriente del país, convirtiendo a Villavicencio en un punto estratégico de conexión con la región oriental que da paso al desarrollo económico y turístico de la región. [4] Por esta razón es importante conocer el estado actual del pavimento de la malla vial del municipio.

Acorde con el plan de desarrollo de Villavicencio uno de los pilares en el cual se basan para tener un avance en el municipio es la modernidad, donde la ciudad supere esos problemas históricos que la han tenido estancada por medio de desarrollo sostenible y el trabajo articulado con las diferentes instituciones del municipio. Por lo tanto la idea de construir una ciudad moderna se trata de trabajar en temáticas importantes como la necesidad de promover la normalización y el mejoramiento integral de los barrios por medio de la mejora de la infraestructura. [5]

En vista de la importancia del estado de la malla vial del municipio, se requiere realizar una base de datos actualizable con el estado actual del pavimento de la cabecera municipal de Villavicencio, teniendo en cuenta la información del levantamiento visual realizado en diferentes vías por diferentes estudiantes de ingeniería civil expuesto en sus proyectos de grado.

Este proyecto dará solución a la evidente falta de información de la malla vial del municipio de Villavicencio y podrá ser usado para tener una idea clara de cuáles son las zonas más afectadas y sus principales motivos. A largo plazo se podrán tomar decisiones más acertadas priorizando el mantenimiento y mejoramiento de las vías.

2.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Crear una base de datos del estado del pavimento de la cabecera municipal en Villavicencio – Meta por medio de la herramienta ArcMap recopilando información de distintos proyectos de grado de metodología INVIAS y PCI realizados hasta la fecha.

3. JUSTIFICACIÓN

En el oriente del país, el principal centro de conectividad vial es Villavicencio, debido a que las otras vías existentes de conectividad vial en la región con destino a la capital son más extensas y costosas y, además de esto, la actividad económica de la región genera abundante tráfico como la actividad petrolera y la agroindustria, que convierten a Villavicencio en un centro de conexión y de prestación de servicios produciendo una demanda vial importante para el municipio [4].

El municipio no cuenta con un sistema óptimo de transporte público, el parque automotor es en su mayoría antiguo, carece de algún tipo de adaptación de la accesibilidad y no respeta parámetros de sostenibilidad ambiental. Adicional a esto, la malla vial se encuentra en mal estado y es insuficiente, generando aumento en el tiempo de desplazamiento y accidentes viales. [5].

Es por esto por lo que la importancia de este proyecto es la creación de una base de datos donde se plasme el estado del pavimento de las vías estudiadas en la cabecera municipal de Villavicencio. Estas vías pueden afectar la conectividad vial y, así mismo, el desarrollo de la actividad económica del municipio; la base de datos funciona para el beneficio de los usuarios de las vías ya que con esta herramienta se tiene un control y seguimiento del estado del pavimento de la cabecera municipal para facilitar la búsqueda de soluciones, tramos más afectados y posibles causas para así brindar un servicio de calidad a los usuarios de la vía.

4. OBJETIVOS

4.1. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un sistema de información geográfico (SIG) que brinde información del estado actual de la condición del pavimento de la cabecera municipal de Villavicencio – Meta.

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Recopilar la información del estado del pavimento estudiado hasta el momento en la cabecera municipal.
- Crear un SIG actualizable del estado del pavimento de la cabecera municipal de Villavicencio – Meta por medio del programa Arcgis.
- Generar un instructivo del uso de la base de datos creada para suministrar información de futuros proyectos.

5. ALCANCE

Crear un SIG por medio de la herramienta de ArcMap que recopile la información de la condición del pavimento de la cabecera municipal en Villavicencio – Meta con el objetivo de tener un control y seguimiento del estado del pavimento y así, en un futuro, poder buscar las soluciones adecuadas para brindar un servicio seguro y de calidad a los usuarios de la vía.

Inicialmente se realiza una recopilación de datos por medio de los repositorios institucionales y en conjunto con la distinción de la población que se encuentra directamente afectada y la población flotante, en este caso se identifican cada uno de los interesados y relacionados con la ejecución del proyecto como se evidencia en la Tabla 5.1.

Tabla 5.1. Stakeholders.

Interesados	Nivel de interés
Habitantes de la zona	Muy alto
Empresas de transporte publico	Alto
Hospitales y clínicas	Medio
Transportes de insumos y alimentos	Muy alto
Transporte derivado del sector agropecuario	Muy alto
Alcaldía de Villavicencio	Muy alto

Fuente: Elaboración propia.

Además del estudio previamente mencionado se elabora la base de datos del estado de la malla vial de la cabecera municipal de Villavicencio – Meta y poder analizar las causas más frecuentes de daños en la vía de este sector.

6. MARCO DE REFERENCIA

A continuación, se muestra la información necesaria para el desarrollo del proyecto.

6.1. MARCO TEÓRICO

6.1.1. Manual para la Inspección Visual de Pavimentos Flexibles

La inspección visual del pavimento se realiza con el fin de examinar la severidad y evolución probable de los daños que presenta un pavimento, realizando una descripción del daño presentado y las causas que generan el mismo. [2]

6.1.1.1. Formato de Inspección

En el formato de inspección se captura la información recopilada en campo de los daños que presenta el pavimento flexible de la manera más detallada posible como se describe en el ANEXO A. El formato consiste en dos páginas.

6.1.1.2. Reporte de Daños

Realizado el levantamiento de daños en la vía de estudio, se inicia el procesamiento de los datos de campo generando un informe de resultados. [2] A continuación, se presentan los pasos para realizar esto:

- **Análisis y Procesamiento de los Datos:** Se organiza la información obtenida en campo agrupando los daños por tipo de deterioro severidad y tramo de 100m. Esto con el fin de calcular los porcentajes de afectación por los grupos y por la vía en general. Es necesario aislar los daños en la berma del análisis. [2]

6.1.2. Manual para la Inspección Visual de Pavimentos Rígidos

La inspección visual del pavimento busca evaluar los daños superficiales que presenta el pavimento rígido con el fin de establecer el estado de una vía. [3]

6.1.2.1. Formato de Inspección

En el formato de inspección se captura la información recopilada en campo de los daños que presenta el pavimento rígido de la manera más detallada posible como se describe en el ANEXO B. El formato consiste en dos páginas.

6.1.2.2. Reporte de Daños

Siguiendo con el procesamiento de la información recolectada en campo con el fin de realizar un informe y análisis de resultados se sigue con el siguiente procedimiento: [3]

- **Análisis y Procesamiento de Datos:** Para el análisis, en primer lugar, se calcula el número de placas afectadas y a agrupar los daños según sus características.

Seguido a esto se determinan los porcentajes de afectación de las losas y la afectación general de la vía de estudio.

6.1.3. Pavement Condition Index (PCI) Para Pavimentos Asfálticos y de Concreto en Carreteras

El índice numérico del PCI varía de 0 a 100 para un pavimento en perfecto estado. Esta valoración tiene en cuenta tres factores: clase de daño, severidad y densidad. Los rangos de clasificación se evidencian en la Tabla 6.1.

Tabla 6.1. Rangos de calificación del PCI.

Rango	Clasificación
100 – 85	Excelente
85 – 70	Muy bueno
70 – 55	Bueno
55 – 40	Regular
40 – 25	Malo
25 – 10	Muy malo
10 - 0	Fallado

Fuente: *Pavement condition index* (PCI) para pavimentos asfálticos y de concretos en carreteras.

6.2. MARCO CONCEPTUAL

6.2.1. Carretera

Infraestructura vial cuya función es permitir la circulación adecuada de vehículos de manera segura. [6]

6.2.2. Pavimento

Estructura conformada por un conjunto de capas apoyadas en la subrasante, con sus respectivos materiales lo cuales deben soportar adecuadamente sus cargas y distribuir los esfuerzos. [6]

6.2.3. Pavimento asfáltico

Tipo de pavimento conformado por una capa asfáltica o bituminosa, colocado sobre el conjunto de capas de materiales granulares y la subrasante. [6]

6.2.4. Pavimento de concreto hidráulico

Tipo de pavimento conformado por una losa de concreto hidráulico, el cual está colocado sobre la subrasante o el conjunto de capas de la subbase. [6]

6.2.5. Fisuras

6.2.5.1. Fisuras longitudinales y transversales (FL, FT)

Es la existencia de discontinuidad de la carpeta asfáltica, en dirección al flujo del tránsito o transversales a este. Indican la presencia de esfuerzos de tensión en las capas de la estructura del pavimento. [2]

6.2.5.2. Fisuras en juntas de construcción (FCL)

Son fisuras longitudinales o transversales ocasionadas por una ejecución de las juntas en el momento de la ejecución de la construcción de la carpeta asfáltica. [2]

6.2.5.3. Fisura por flexión de juntas o grietas en placa de concreto (FJL o FJT)

Fisuras generadas a causa de la existencia de una capa de concreto asfáltico sobre placas de concreto rígido. [2]

6.2.5.4. Fisuras de borde (FBD)

Fisuras con tendencias longitudinales a semicircular localizadas en el borde de la carretera, se presentan usualmente por la ausencia de bermas o la diferencia de niveles entre la berma y la calzada. [2]

6.2.5.5. Fisuras de bloque (FB)

Este tipo de fisuras se presenta a causa de la contracción del concreto asfáltico, provocada por los cambios de temperatura durante el día, dando como resultado que el asfalto se endurecido significativamente. [2]

6.2.5.6. Piel de cocodrilo (PC)

Serie de fisuras conectadas entre sí, siendo irregulares sin ningún patrón en especial; están ubicadas en zonas donde se presenta constantes repeticiones de carga o en zonas donde se encuentren fallas por fatiga de la estructura. [2]

6.2.5.7. Fisuración incipiente (FIN)

Este tipo de fisuras se encuentran en serie, pero a diferencia de la piel de cocodrilo, estas no se intersecan, son continuas y cerradas. Estas suelen afectar levemente el concreto asfáltico de manera superficial. [2]

6.2.6. Deformaciones

6.2.6.1. Ondulación (OND)

Es la corrugación o rizado del pavimento ocasionado por la pérdida de estabilidad de la mezcla asfáltica, mala calidad del asfalto, y deslizamiento de la capa de rodadura. [2]

6.2.6.2. Abultamiento (AB)

Son prominencias que se presentan superficialmente en la estructura del pavimento. [2]

6.2.6.3. Hundimiento (HUN)

Son depresiones localizadas en el pavimento al nivel de la rasante, ocasionados por la deficiencia a la hora de compactar las capas inferiores del pavimento. [2]

6.2.6.4. Ahuellamiento (AHU)

Es la presencia de depresión en un área localizada sobre la trayectoria del flujo vehicular. [2]

6.2.7. Pérdida de capas de la estructura

6.2.7.1. Descaramiento (DC)

Es el desprendimiento de la parte de la capa asfáltica superficial, sin llegar a afectar la subbase. [2]

6.2.7.2. Baches (BCH)

Presencia de la desintegración total de la capa asfáltica dejando expuesta la subbase granular. [2]

6.2.7.3. Parche (PCH)

Áreas donde el pavimento fue removido y reemplazado por otra capa de material diferente o similar a la existente, para rehabilitar el deterioro de la vía. [2]

6.2.7.4. Pérdida de agregado (PA)

Es la desintegración de la capa superficial del pavimento, exponiendo los agregados y demás materiales de la estructura del pavimento. [2]

6.3. ESTADO DEL ARTE

Un factor primordial dentro del desarrollo social y económico de los municipios es el porcentaje de vías existentes que se encuentran en buen estado dado que al presentarse daños frecuentes en las vías más importantes de un municipio puede generar un aumento de accidentalidad en esta zona afectada, convirtiéndose en una vía alterna y poco utilizada para el transporte de insumos, alimentos, entre otros; provocando un descenso en el desarrollo económico del municipio, además de un atraso en el desarrollo [5]. Es por esto por lo que tener el conocimiento del estado de las vías es de suma importancia, llevándonos así a los diferentes métodos utilizados para la evaluación de la infraestructura vial y de manejo de datos que vemos en la Tabla 6.2.

Tabla 6.2. Antecedentes de la cabecera municipal.

Año	Autor	Título	Tipo de publicación	Aplicación
2016	Raúl Enrique Guevara Ruiz Alix Carolina Romero Aya	Plan de mantenimiento para el pavimento de la avenida del llano calzada NS desde la glorieta de la grama hasta la calle 35 en Villavicencio, en base a la inspección visual de daños	Tesis de pregrado	Recolección de información de levantamiento de daños y estado de la vía mediante métodos del INVIAS y PCI [7]
2018	Raid R.A. Almuhanaa Hussein Ali Ewadh Saja J.M. Alasadi	<i>Using PAVER 6.5.7 and GIS program for pavement maintenance management for selected roads in Kerbala city</i>	Artículo científico	Según el PCI el sistema de gestión de mantenimiento del pavimento, este análisis está vinculado con un SIG para mostrar prioridad al mantenimiento y rehabilitación de toda red [8]
2019	Gustavo Adolfo Arias Díaz	Patología del pavimento de la calle 35/AV. Catama hasta el punto de intersección de la carrera 32 con calle 38 del municipio de Villavicencio - Meta	Tesis de pregrado	Recolección de información de levantamiento de daños y patologías mediante métodos de INVIAS [9]
2019	Juan Camilo Hernández Castro Nicolás Riaño Aldana Edna Jasbleidy Velásquez Murcia	Estudio e inspección visual del estado patológico de la malla vial del municipio de Villavicencio, Comuna 4, sector 2 que comprende desde el caí Catama hasta el barrio trece de mayo	Tesis de pregrado	Recolección de información de estado de vía en tramo de la comuna 4 con método INVIAS [10]

Nota: Elaboración propia.

6.4. MARCO NORMATIVO

En la Tabla 6.3 se nombran las diferentes normas que se utilizan en el presente proyecto.

Tabla 6.3. Normativa utilizada.

Norma/Libro	Título	Descripción
INVIAS	Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles (año 2006)	El presente manual es una recopilación bibliográfica donde muestra los diferentes tipos de daños y deterioros en los pavimentos, siendo una ayuda a la hora de evaluar los daños en los pavimentos flexibles [2]
ASTM	Índice de condición del pavimento para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras	Esta norma consiste en la metodología más completa para evaluar y calificar los pavimentos flexibles y rígidos, describiendo de manera clara como

Norma/Libro	Título	Descripción
INVIAS	Manual para la inspección visual de pavimentos rígidos (año 2006)	calcular el PCI de acuerdo con el procedimiento [1] El presente manual es una recopilación bibliográfica donde muestra los diferentes tipos de daños y deterioros en los pavimentos, siendo una ayuda a la hora de evaluar los daños en los pavimentos rígido [3]

Fuente: Elaboración propia.

6.5. MARCO GEOGRÁFICO

El proyecto se encuentra localizado al oriente del país en el departamento del Meta, que limita con Cundinamarca al norte, el Guaviare al sur, el Vichada al Oriente, Caquetá al suroccidente y con el Huila al occidente. Villavicencio es la capital del Meta y el proyecto se localiza en su cabecera municipal como se muestra en la Figura 6.1 y Figura 6.2.

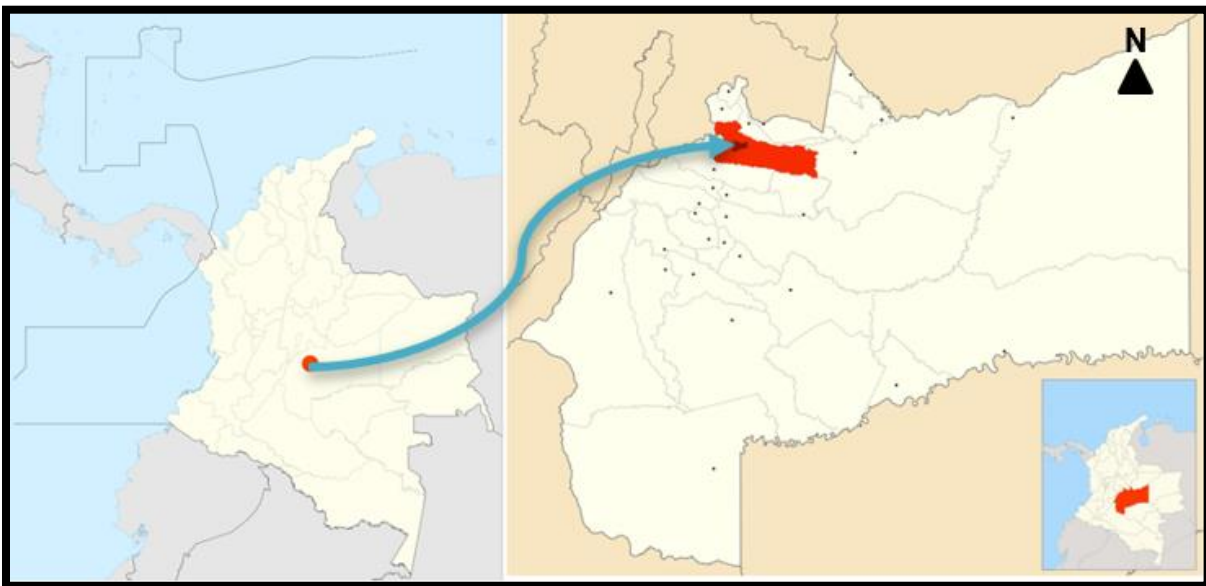


Figura 6.1. Localización del municipio donde se realiza el proyecto

Fuente: Alcaldía de Villavicencio-Meta

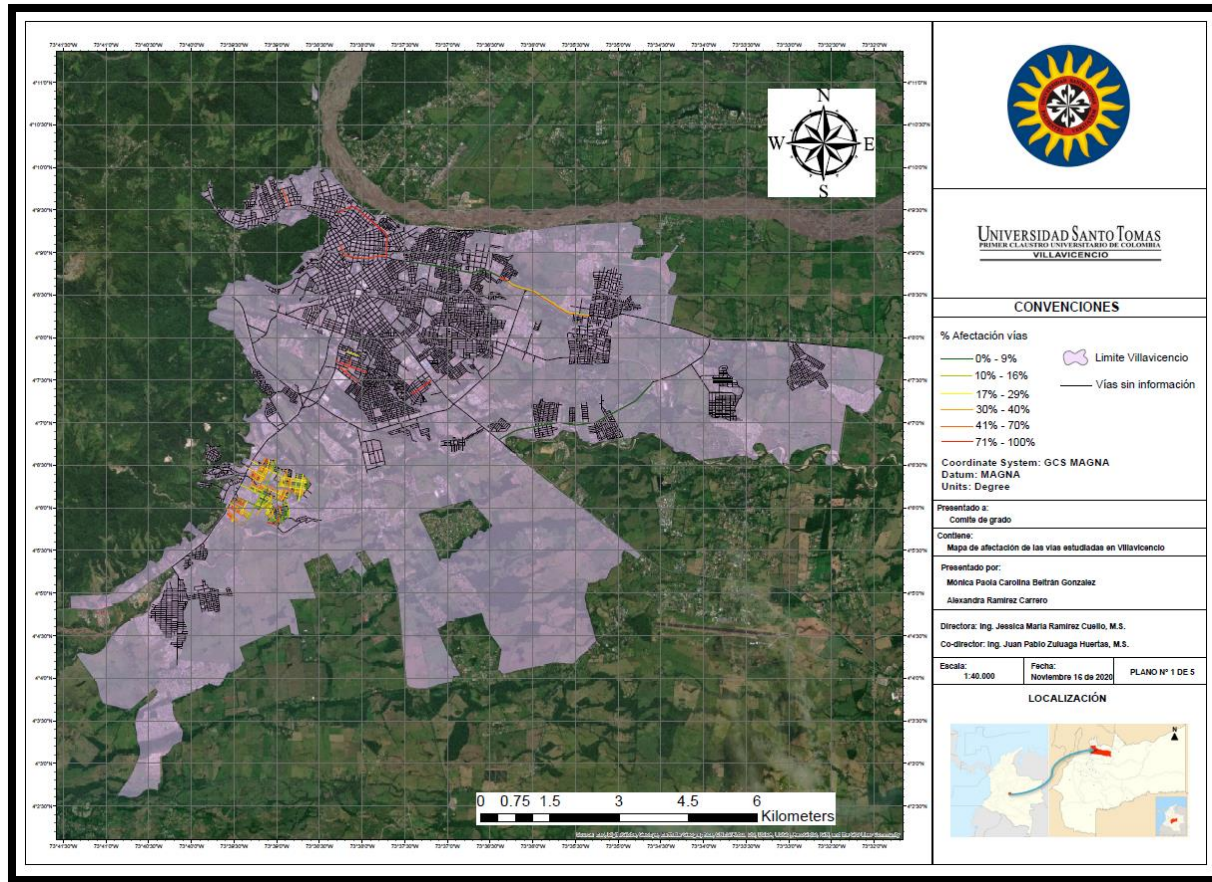


Figura 6.2. Mapa de afectación de las vías estudiadas en Villavicencio.
Fuente: Elaboración propia.

7. METODOLOGÍA

En la Tabla 7.1 se describe lo relacionado con la metodología utilizada para el desarrollo de este proyecto y en la Figura 7.1. sus respectivas etapas.

Tabla 7.1. Desarrollo metodológico.

Objetivo	Actividad	Descripción	Actores
Objetivo específico 1	Recopilar información	En esta etapa se realiza una recolección de datos relacionados con el estado actual del pavimento de la cabecera municipal de Villavicencio – Meta teniendo como referencia los trabajos realizados de inspección visual dentro de la zona de estudio, esto por medio de repositorios institucionales	-Repositorio institucional
	Organizar datos recopilados	Con la información recolectada se definen los tramos estudiados, su respectivo PCI y el daño más representativo de cada tramo. Esto se recopila en un documento tipo hoja de cálculo en formato .xlsx para asignar un identificador a cada tramo estudiado Por medio de la herramienta ArcMap se diseña una base de datos donde se recopila la información de las vías estudiadas de la cabecera municipal en la ciudad de Villavicencio – Meta con el fin de tener un archivo actualizable en formato .mxd del estado del pavimento de la zona de estudio	-Software Microsoft Excel
Objetivo específico 2	Crear base de datos		-Software ArcMap v.10.5 -Software Microsoft Excel
Objetivo específico 3	Crear instructivo de la base de datos	Finalizada la base de datos, se crea un instructivo que detalla el paso a paso del proceso para actualizar la base de datos	-Software Microsoft Word 2016 -Herramienta de recortes

Fuente: Elaboración propia.

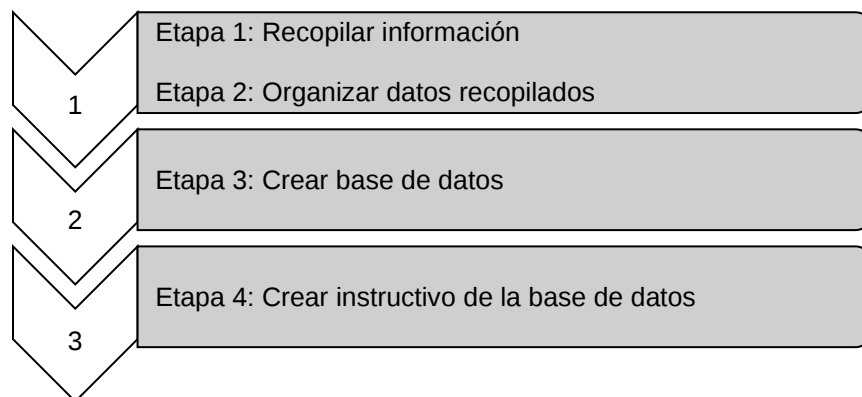


Figura 7.1. Etapas de la Metodología

Fuente: Elaboración propia.

7.1. POBLACIÓN, MUESTRAS, VARIABLES E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Para el presente proyecto, se determina una población con el fin de tener claridad en la afectación y alcance que tiene el proyecto. Seguido a esto se definen la muestras, variables e instrumentos de medición que se utilizan para la recolección de los datos con los que se lleva a cabo el estudio y caracterización de la cabecera municipal como se muestra en la Tabla 7.2.

Tabla 7.2. Población, muestras, variables e instrumentos de recolección de datos.

Ítem	Descripción
Población	Interesados en el estado de la red vial de Villavicencio, habitantes de la cabecera municipal de Villavicencio - Meta, estudiantes del sector, usuarios de la red vial.
Muestras	Proyectos de aplicación en temas de ingeniería, información recopilada del INVIAS
Variables	Tránsito, longitud de vía, severidad de daños, clima, carril, losa, PCI, ubicación
Instrumentos de medición	Manuales de inspección visual del INVIAS, formatos de inspección de PCI, cinta métrica, índice numérico del PCI

Fuente: Elaboración propia.

8. ETAPA 1. RECOPILAR INFORMACIÓN

Como primer paso para la ejecución del presente proyecto se realiza una investigación de las inspecciones visuales hechas en el municipio de Villavicencio en los últimos 5 años por distintas instituciones educativas en la modalidad de proyecto de grado publicados en sus respectivos repositorios institucionales. Como resultado de esta investigación se obtuvo 9 tesis que contiene la información que se busca, entre ellas 8 de la universidad Santo Tomás [7] y 1 de la universidad Cooperativa [12]. En la Tabla 8.1 se muestra un resumen de las tesis encontradas.

Tabla 8.1. Resumen datos de las tesis a relacionar

Estudio	Longitud de vía (Km)
Gómez Jaimes, Rojas Valero y Villalba Ayala (2017)	30.94
Arias Díaz (2019)	1.1
Santana Trujillo y Cuesta Rojas (2019)	0.45
Guevara Ruiz y Romero Aya (2019)	1.8
Carreño Castañeda y Gómez Agudelo (2020)	2
Chacón Suarez y Robayo Solís (2020)	2
Martín Rodríguez y Gómez León (2020)	3.6
Parrado Castillo y Nieto Jiménez (2020)	2.2
Pinto Rojas y Torres Quintín (2020)	2

Fuente: Elaboración propia.

Además de esta información, se realiza una petición al correo de ordenamiento territorial del municipio solicitando un mapa en formato .shp de Villavicencio para poder trabajar más adelante en la base de datos con el programa ArcMap.

Se obtuvo respuesta a las 3 semanas de manera positiva por parte de un cartógrafo que envió la cartografía de Villavicencio en formato .shp adecuada para proceder con el desarrollo del proyecto.

9. ETAPA 2. ORGANIZAR DATOS RECOPIRADOS

Luego de recopilar toda la información filtrada de los respectivos repositorios institucionales, se organiza en una hoja de Excel cada uno de los tramos estudiados con su respectiva ubicación, autor del proyecto, año de publicación, la distancia inspeccionada y la distancia que le corresponde a cada tipo de estructura (flexible, rígido, sin pavimentar), la metodología que utilizaron en cada proyecto, el índice de condición del pavimento (en caso de tenerlo), el daño más presentado y los porcentajes de afectación de cada tramo. Con el fin de poder ingresar la información más clara e importante en el shapefile. Esta información se encuentra en el ANEXO D.

10. ETAPA 3. CREAR BASE DE DATOS

Con la ayuda de la herramienta ArcMap y de la información recopilada se comienza con la creación de la base de datos.

Con la información del ANEXO D y la información de las tesis a relacionar se registra el avance en metros de las vías estudiadas hasta el momento, esto con el fin de conocer cuál es el avance en porcentaje de vías estudiadas como se evidencia en el ANEXO C. Como avance al momento de registrar los datos encontrados se obtiene un 6.35% que equivalen a 43.509,38 metros de registro del estado de la malla vial.

Una vez registrada la información se procede a realizar un shapefile que contiene las vías estudiadas. Este shapefile que se crea por medio de la herramienta ArcMap y tiene como resultado 93 objetos o líneas referentes a diferentes vías como se ve en la Figura 10.1.

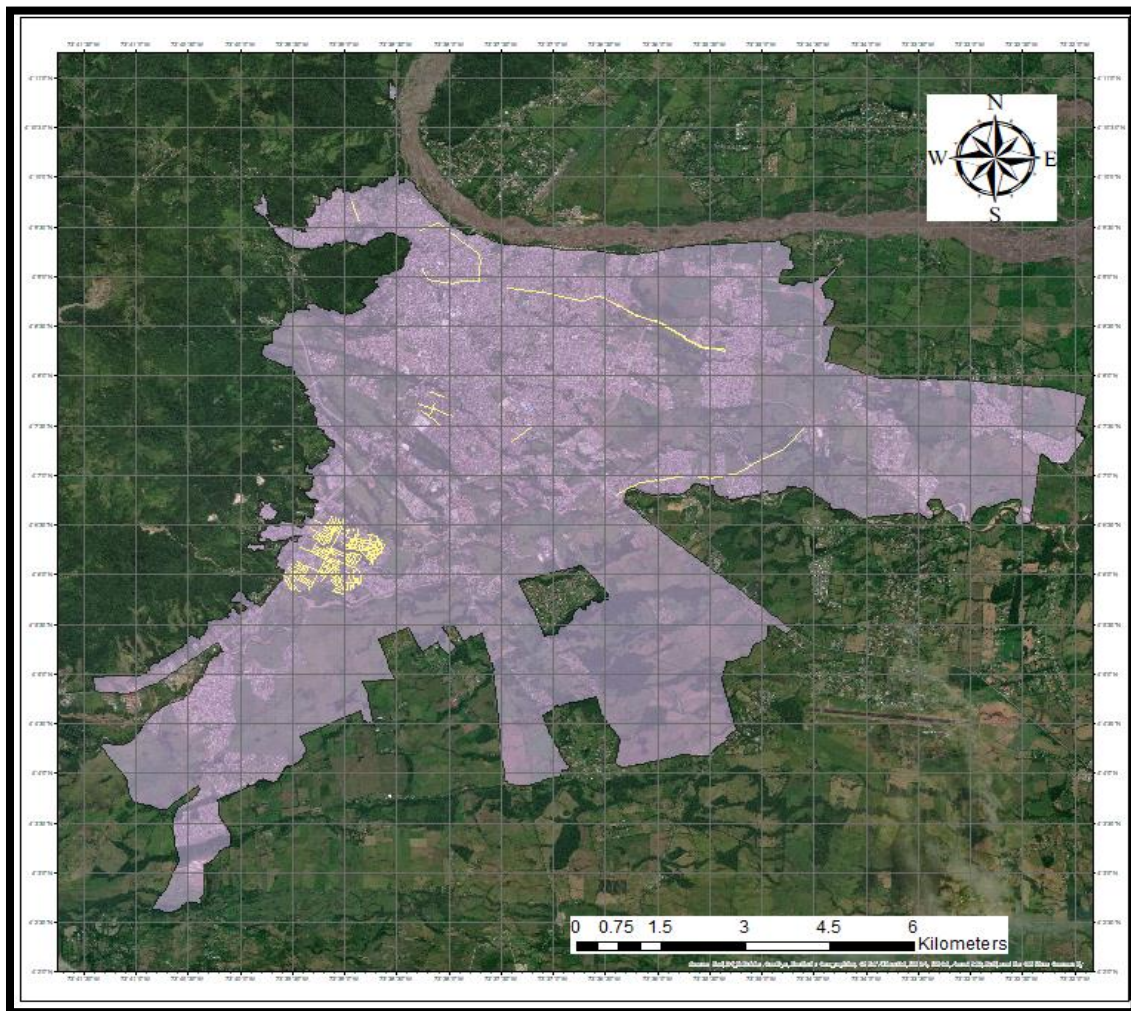


Figura 10.1. Mapa de vías estudiadas, escala 1:40.000.

Fuente: Elaboración propia.

Con el shapefile de las vías estudiadas listo y la información recopilada en la Etapa 2. Organizar Datos Recopilados se procede a exportar estos datos de Excel a ArcMap generando un shapefile con la información de las vías estudiadas que se configura para, en una escala de colores, presentar el porcentaje total de afectación de las vías estudiadas hasta el momento como se muestra en el ANEXO E generando así una serie de mapas de distintas zonas de Villavicencio que se encuentran en el ANEXO F. Como un ejemplo se tiene la zona sur de Villavicencio, como se muestra en la Figura 10.2 que al ser una zona con un alto porcentaje de vías sin pavimentar presenta, en su mayoría un porcentaje de afectación del 40% en adelante.

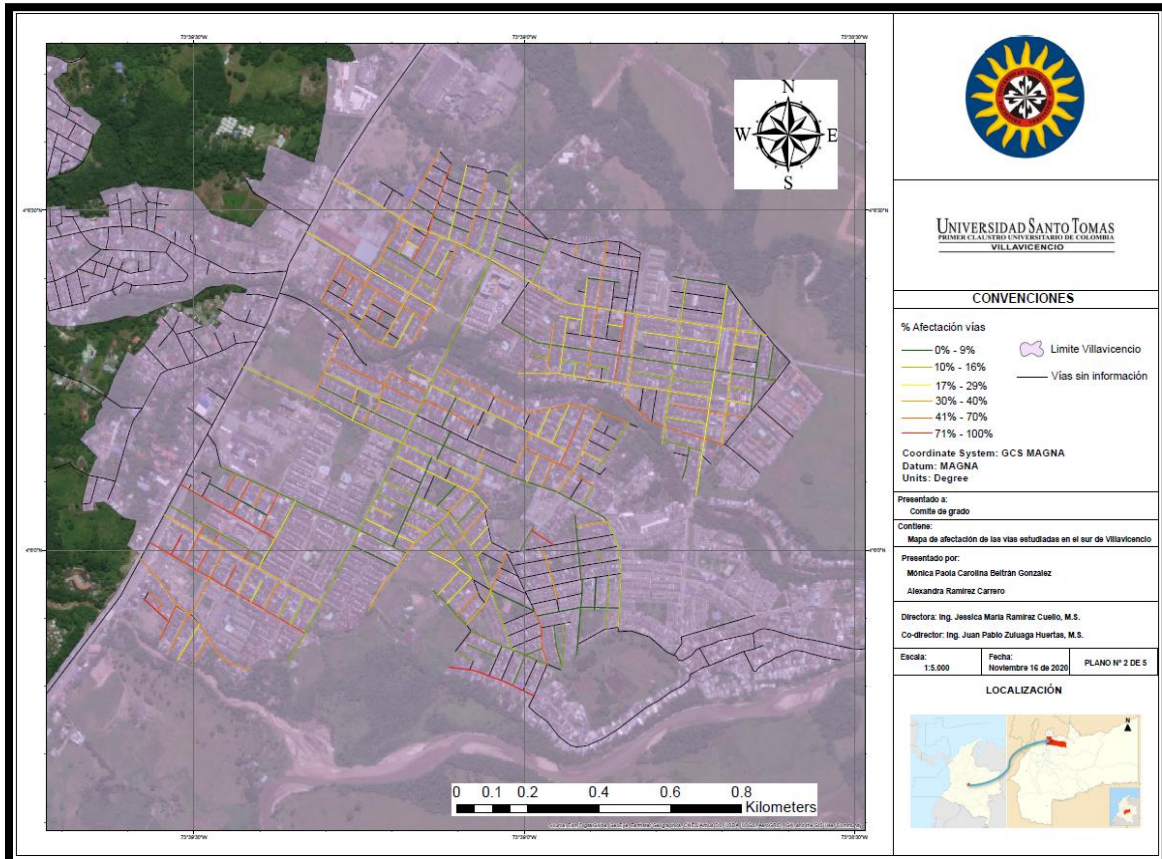


Figura 10.2. Mapa “afectación vías estudiadas al sur de Villavicencio”.
Fuente: Elaboración propia.

11. ETAPA 4. CREACIÓN INSTRUCTIVO DE LA BASE DE DATOS

Con el fin de que esta base de datos sea actualizable y abierta para cualquier estudiante de la Universidad Santo Tomás sede Villavicencio, se crea un documento que conlleve las instrucciones o el paso a paso donde explique detenidamente como ingresar la información respectiva en el Excel y el archivo .mxd ANEXO G, de tal manera que cada vez que se realice una inspección visual con metodología INVIAS o PCI, se ingrese a la base de datos aumentando el porcentaje de vías estudiadas y dejando así un precedente.

12. RESULTADOS E IMPACTO

12.1. RESULTADOS

Teniendo en cuenta la información suministrada por parte de la alcaldía se determina que Villavicencio cuenta con 685.42 Km de malla vial, en este proyecto se realizó una recolección de datos del 6.35% de las vías estudiadas donde en su mayoría son tramos con estructura de pavimento flexible seguido de tramos con estructura de pavimento flexible/rígido como se ve en la Figura 12.1.

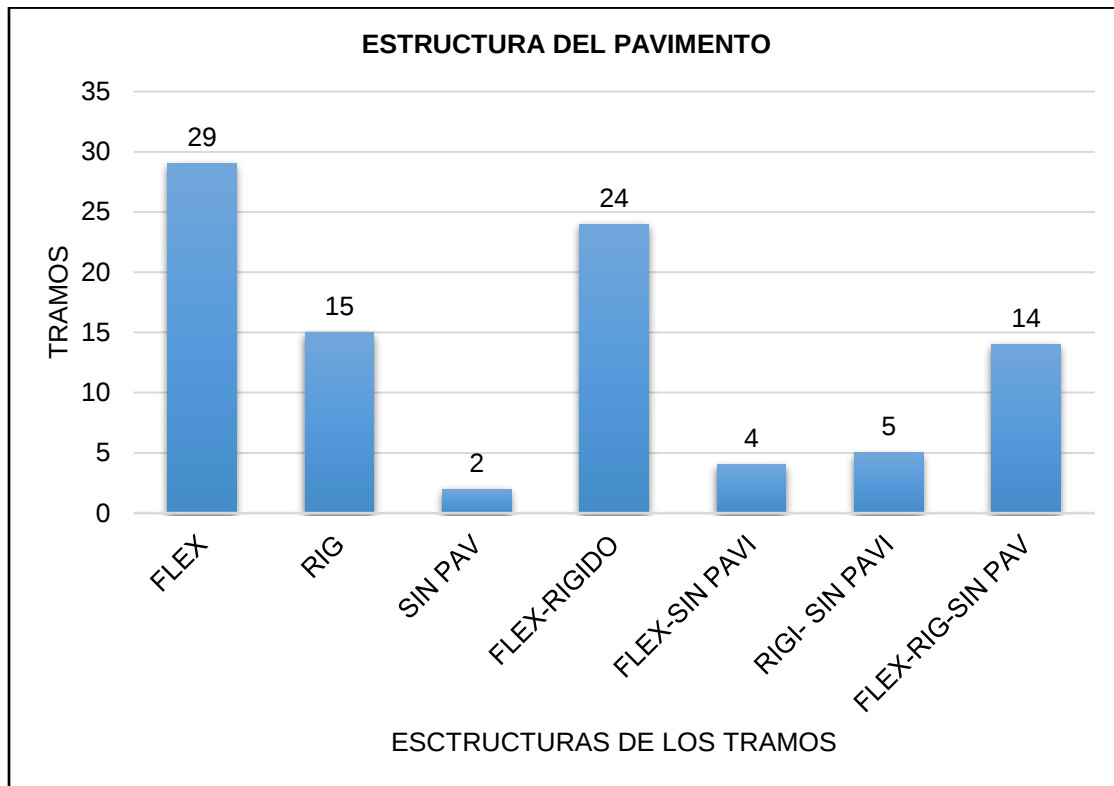


Figura 12.1. Estructura del pavimento de los tramos estudiados.

Fuente: Elaboración propia.

Se identifica que dentro de los tramos estudiados con pavimento rígido el daño superficial más frecuente es el de cabezas duras (CD) con 20 tramos, los parches en asfalto (PCHA) con 13 tramos y grietas en bloque (GB) con 8 tramos evidenciado en la Figura 12.2. Estos daños están asociados usualmente a agregados gruesos inadecuados en la mezcla de pavimento y a deficientes procesos constructivos respectivamente [3].

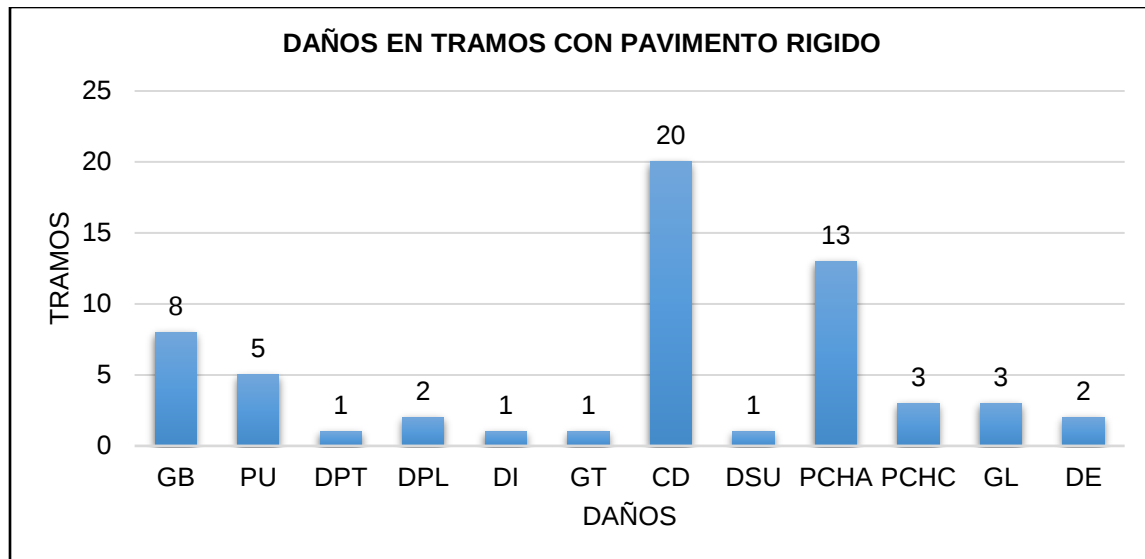


Figura 12.2. Daños presentes en los tramos con pavimento rígido.
Fuente: Elaboración propia.

En el pavimento flexible los daños más presentados son: cabeza dura (CD) con 19 tramos y fisuras de borde (FB) con 13 tramos como se evidencia en la Figura 12.3. Este tipo de daños están asociados a agregados gruesos inadecuados en la mezcla asfáltica y errores en la construcción de apoyos en las bermas respectivamente [2].

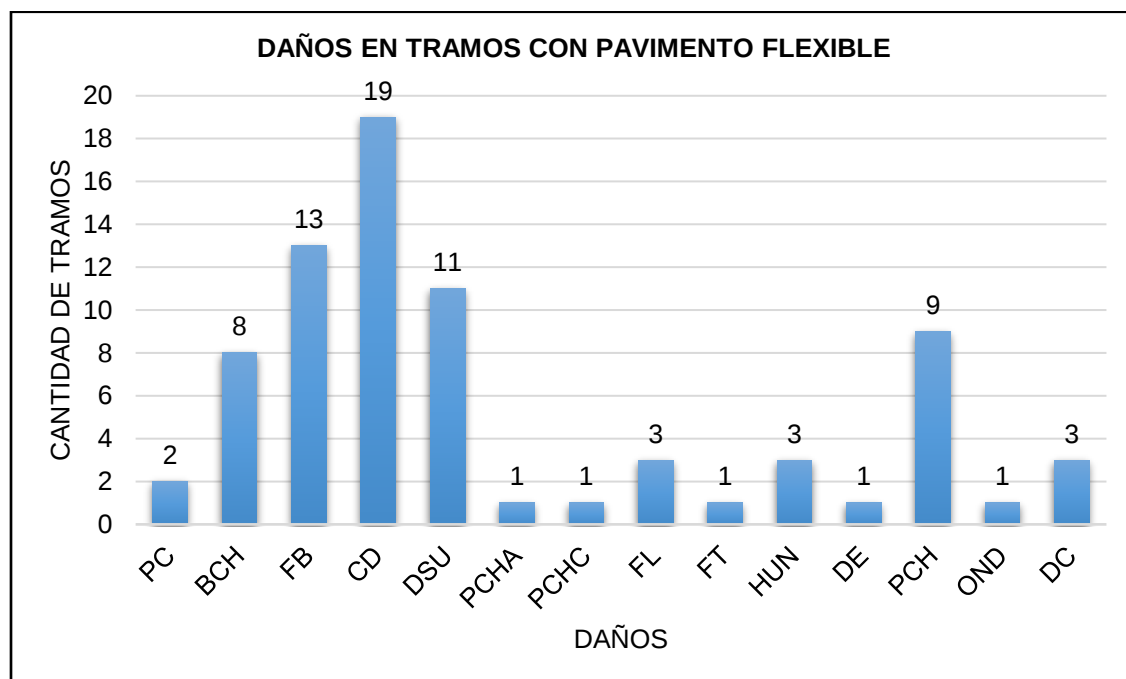


Figura 12.3. Daños presentes en los tramos con pavimento flexible
Fuente: Elaboración propia.

Dada la información de las Figura 12.4 y Figura 12.5 se evidencia que el índice de condición del pavimento en los tramos viales al que se aplicó este método es de regular

a malo, esto quiere decir que los pavimentos hasta el momento estudiados no están en buenas condiciones de transitabilidad y necesitan de un mantenimiento o mejoramiento de su estructura. [1]

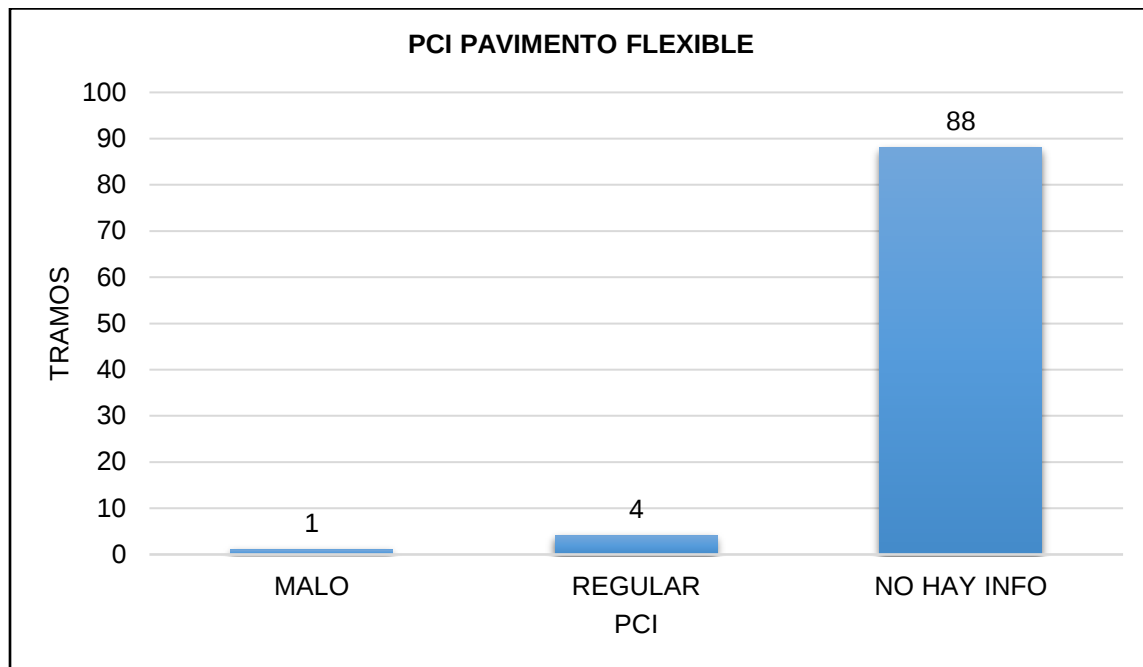


Figura 12.4. PCI evaluado en los tramos con pavimento flexible.
Fuente: Elaboración propia.

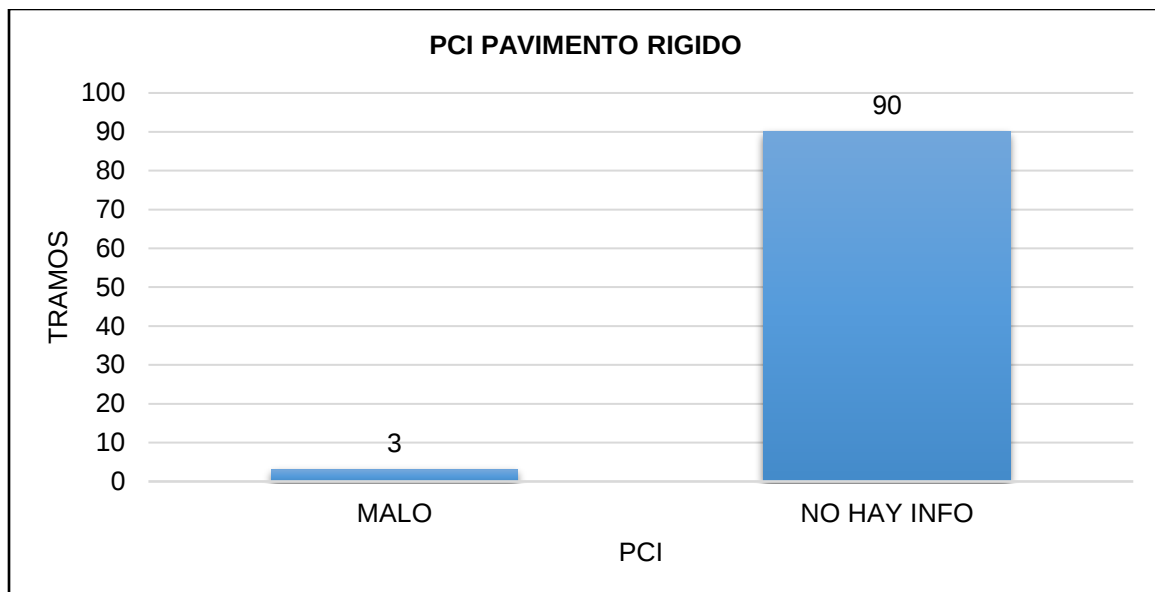


Figura 12.5. PCI evaluado en los tramos con pavimento rígido.
Fuente: Elaboración propia.

Por último, a modo de resumen se presenta la Tabla 12.1 que relaciona los resultados obtenidos con su indicador y el objetivo del presente proyecto.

Tabla 12.1. Sección de resultados

Resultado	Indicador	Objetivo relacionado
Anexo C	Hoja de cálculo	Recopilar la información del estado del pavimento estudiado hasta el momento en la cabecera municipal.
Anexo D	Hoja de cálculo	Crear un SIG actualizable del estado del pavimento de la cabecera municipal de Villavicencio – Meta por medio del programa Arcgis.
Anexo E	Geodatabase	
Anexo G	Documento PDF	Generar un instructivo del uso de la base de datos creada para suministrar información de futuros proyectos.

Fuente: Elaboración propia.

12.2. IMPACTOS

Se plasman en la Tabla 12.2 los impactos obtenidos con el proyecto en relación con su aspecto y su plazo de ejecución.

Tabla 12.2. Impactos generados.

Aspecto	Impacto	Plazo
Social	A futuro se espera que la base de datos funcione como referencia para realizar mantenimientos a la malla vial de Villavicencio	Largo
Económico	Como consecuencia del mantenimiento de las vías se busca mejorar la movilidad de Villavicencio y cómo consecuencia su economía	Largo
Académico	Se pretende que esta base de datos sea un inicio para que futuros estudiantes de la Universidad Santo Tomás sigan suministrando información en la misma, con el fin de tener una base de datos del estado de la malla vial del municipio más completa	Largo
Técnico	Implementar los sistemas de información geográfica en el desarrollo de la infraestructura vial de Villavicencio	Corto

Fuente: Elaboración propia.

13. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

13.1. CONCLUSIONES

Con la recopilación de la información plasmada en la base de datos se evidencia que del 6.35% recopilado, la mayoría de tramos estudiados solo realizaron la inspección visual mediante la metodología del INVIAS donde se evidencia las múltiples patologías como cabezas duras, piel de cocodrilo, baches, parches, pulimiento, fisuras en bloque, presentes principalmente en la zona sur de Villavicencio, además de las zonas sin pavimentar que representan una gran afectación de la vía, así mismo se identifica que los tramos con mayor cantidad de patologías son los de pavimento flexible ya que es el tipo de estructura más utilizada en la región sumando a esto el tiempo de vida útil de la misma es menor a una estructura de pavimento rígido.

Acorde con la información recolectada se evidencia que zonas como la comuna 1, 3 y 7 presentan un porcentaje de afectación bastante alto en las vías estudiadas, siendo esto resultado de que son las zonas más antiguas de Villavicencio y más transitadas dado que son donde se encuentran vías principales como la avenida Catama. En barrios como la alborada o la esperanza son sectores comerciales donde transitan vehículos de transporte público y particular frecuentemente.

Con el fin de que la información recolectada en la base de datos de ArcMap sea útil a largo plazo se plasma en este proyecto el instructivo que facilite el suministro de información de futuros levantamientos de daños realizados por estudiantes y así sea un base actualizable que sirva de apoyo para futuros planes de mantenimiento vial.

13.2. TRABAJOS FUTUROS

El presente documento es un inicio para el desarrollo de una base de datos que abarque la totalidad de vías en la ciudad de Villavicencio. A pesar de los pocos estudios que hay actualmente del estado del pavimento en vías de Villavicencio, este proyecto abre las puertas para un semillero de investigación donde cada integrante pueda hacer su aporte con la inspección visual de una vía no estudiada y así mismo realizar el cálculo del índice de condición del pavimento para los tramos en los que no se tenga información alguna y como universidad tener una base de datos completa en la que sean posibles los análisis de las causas más frecuentes de daños a la estructura del pavimento de Villavicencio junto con las soluciones más adecuadas con el fin de garantizar la seguridad y comodidad vial que sea referente para la secretaria de infraestructura en sus proyectos de mejoramiento de la infraestructura pública municipal.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] L. R. V. Varela, Pavement condition index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras, Manizales: Universidad Nacional de Colombia, 2002.
- [2] Convenio interadministrativo, Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles, Bogotá DC, 2006.
- [3] Convenio interadministrativo, Manual para la inspección visual de pavimentos rígidos, Bogotá DC, 2006.
- [4] Consejo municipal de Villavicencio, «Plan de ordenamiento territorial municipio de Villavicencio,» Villavicencio, 2015.
- [5] Alcaldía de Villavicencio, «Plan de desarrollo "Villavicencio cambia contigo",» Villavicencio, 2020.
- [6] INVIAS, Manual de diseño geométrico de carreteras, Bogotá: INVIAS, 2008.
- [7] R. E. Guevara Ruiz y A. C. Romero Aya, «Plan de mantenimiento para el pavimento de la avenida del llano calzada NS desde la glorieta de la grama hasta la calle 35 en Villavicencio, en base a la inspección visual de daños,» Universidad Santo Tomas, Villavicencio, 2019.
- [8] R. Almuhanaa, H. A. Ewadh y S. Alasadi, «Using PAVER 6.5.7 and GIS program for pavement maintenance management for selected roads in kerbala city,» *Case studies in construction materials*, vol. 8, pp. 323-332, 2018.
- [9] G. A. Arias Díaz, «Proyecto de aplicación a la ingeniería patológica del pavimento de la calle 35/av. Catama hasta el punto de intersección de la carrera 32 con calle 38 del municipio de Villavicencio-Meta,» Universidad Santo Tomás, Villavicencio, 2019.
- [10] J. C. Hernández Castro, N. Riaño Aldana y E. J. Velásquez Murcia, «Estudio e inspección visual del estado patológico de la malla vial del municipio de Villavicencio, Comuna 4, sector 2 que comprende desde el caí Catama hasta el barrio trece de mayo,» Villavicencio, 2019.
- [11] Universidad Santo Tomás, «Repositorio universitario,» re3data.org, [En línea]. Available: https://repository.usta.edu.co/handle/11634/13/discover?filtertype=sede&filter_relational_operator=equals&filter=CRAI-USTA+Villavicencio.
- [12] Universidad Cooperativa de Colombia, «Repositorio institucional,» Universidad cooperativa, [En línea]. Available: <https://repository.ucc.edu.co/simple-search?filterquery=Villavicencio&filtername=department&filtertype>equals>.
- [13] INVIAS, Manual de mantenimiento de carreteras, vol. 2, Bogotá: INVIAS, 2016.
- [14] G. A. Arias Díaz, «Patología del pavimento de la calle 35/AV. Catama hasta el punto de intersección de la carrera 32 con calle 38 del municipio de Villavicencio - Meta,» Universidad Santo Tomas, Villavicencio, 2019.
- [15] H. A. Gómez Jaimes, D. A. Rojas Valero y J. D. Villalba Ayala, «Estudio e inspección visual del estado patológico de la malla vial del municipio de Villavicencio, comuna 8, sector 2 que comprende la vía

acacias en sentido Villavicencio-Acacias costado izquierdo desde caño Pendejo hasta el barrio Catumare,» Universidad Cooperativa de Colombia, Villavicencio, 2017.

- [16] A. S. Santana Trujillo y J. A. Cuesta Rojas, «Determinación de patologías en losas de concreto hidráulico en la calle 4D entre carreras 22 a la 26A barrio la Alborada,» Universidad Santo Tomás, Villavicencio, 2019.
- [17] M. C. Carreño Castañeda y M. C. Gómez Agudelo, «Plan de mantenimiento para la estructura de pavimento flexible de la avenida Catama (calle 35) en el tramo entre la carrera 20D hasta la carrera 5, de Villavicencio (Meta),» Universidad Santo Tomás, Villavicencio, 2020.
- [18] J. D. Chacón Suarez y Y. A. Robayo Solís, «Plan de mantenimiento para la estructura de pavimento del tramo vial de la calle 35 entre carrera 4 norte y carrera 15 este, en la ciudad de Villavicencio-Meta,» Universidad Santo Tomás, Villavicencio, 2020.
- [19] D. H. Martín Rodríguez y C. A. Gómez León, «Diagnóstico visual para la estructura del pavimento flexible de la vía “camino ganadero” calle 21 sur entre la carrera 22 y la intersección de la avenida los maracos que comunica la zona sur de Villavicencio,» Universidad Santo Tomás, Villavicencio, 2020.
- [20] A. Parrado Castillo y A. A. Nieto Jiménez, «Evaluación del grado de deterioro del pavimento en la avenida Catama entre carreras 6 y 15 este, Villavicencio - Meta,» Universidad Santo Tomás, Villavicencio, 2020.
- [21] L. A. Pinto Rojas y J. S. Torres Quintín, «Plan de mantenimiento para las estructuras de pavimento mediante la inspección visual de daños en 5 vías de la ciudad de Villavicencio - Meta,» Universidad Santo Tomás, Villavicencio, 2020.

14. ANEXOS

ANEXO A

FORMATO DE INSPECCIÓN VISUAL DE PAVIMENTO FLEXIBLE

ANEXO B

FORMATO DE INSPECCIÓN VISUAL DE PAVIMENTO RÍGIDO

ANEXO C

REPOSITORIO VIAL

ANEXO D

BASE DE DATOS FORMATO .XLS

ANEXO E

BASE DE DATOS FORMATO .GDB

ANEXO F

MAPAS DE AFECTACIÓN DE LAS VÍAS ESTUDIADAS

ANEXO G

INSTRUCTIVO PARA EL SUMINISTRO DE INFORMACIÓN DEL ESTADO DE LA MALLA VIAL DE VILLAVICENCIO EN ARCMAP