

**GUÍA PRÁCTICA PARA EL ANÁLISIS DINÁMICO DE PAVIMENTOS EN LA
UPB**

Cristian Danilo Camargo Suarez

Id. 000168071

Marlon Fabián Leal Quintero

Id. 000279659

Universidad Pontificia Bolivariana – Seccional Bucaramanga

Escuela de Ingeniería

Bucaramanga

2021

**GUÍA PRÁCTICA PARA EL ANÁLISIS DINÁMICO DE PAVIMENTOS EN LA
UPB**

Cristian Danilo Camargo Suarez

Id. 000168071

Marlon Fabián Leal Quintero

Id. 000279659

Tesis de grado como requisito para optar al título de Ingeniero Civil

INGENIERIA CIVIL

Director del Proyecto

Ing. Msc. Norma Cristina Solarte Vanegas



MSC. NORMA CRISTINA SOLARTE V.
C.C. No. 63.350.025 de Bucaramanga

Universidad Pontificia Bolivariana – Seccional Bucaramanga

Escuela de Ingeniería

Bucaramanga

2021

Nota de Aceptación

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

DEDICATORIAS

Este trabajo de grado está dedicado principalmente a Dios. A mis padres quienes gracias a su constante esfuerzo y dedicación siempre me brindaron su apoyo hasta culminar esta meta. A mi novia Dayana Cipagauta Fernández quien siempre creyó en mis habilidades y ha sido un apoyo incondicional durante este proceso de mi vida.

Cristian Danilo Camargo Suarez.

Quisiera dedicar principalmente este trabajo de grado a mis padres que con su esfuerzo y sacrificio me llevaron adelante y hasta el final, para cumplir este sueño. Mis familiares y amigos que siempre me impulsaron con su apoyo incondicional y me motivaron a seguir adelante.

Marlon Fabian Leal Quintero

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer principalmente a Dios por darnos la vida, la salud y la fortaleza de llegar a este punto y no desfallecer ante los obstáculos que se presentaron en este largo camino, de igual forma por permitirnos aprender y enriquecer nuestros conocimientos durante esta etapa de nuestras vidas.

A nuestros padres por la paciencia y el apoyo incondicional e inculcarnos los valores de la responsabilidad, la perseverancia, el compromiso y el respeto que fueron base importante para nuestro crecimiento profesional y de nuestras vidas.

A nuestra queridísima directora de proyecto de grado la ingeniera Norma Cristina Solarte por su amable disposición y conocimiento empleado para garantizar el desarrollo del proyecto.

Finalmente, agradecer a todo el equipo de docentes de la facultad de Ingeniería Civil que con su ardua labor y conocimiento contribuyeron con las bases necesarias en nuestro proceso de formación permitiéndonos resolver y analizar situaciones de manera más eficiente y efectiva.

TABLA DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN	3
1. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA	4
2. ANTECEDENTES.....	5
3. JUSTIFICACIÓN	7
4. OBJETIVOS	8
4.1 Objetivo General	8
4.2 Objetivos Específicos	8
5. MARCO TEÓRICO.....	9
5.1 Conceptos y Generalidades	10
5.1.1 Pavimentos:	10
5.2 Clasificación de los pavimentos:.....	10
5.2.1 Pavimentos Flexibles.....	11
5.2.2 Pavimentos Rígidos:.....	12
5.2.3 Pavimentos afirmados:	13
5.2.4 Pavimentos articulados:.....	13

5.3	Fallas en pavimentos flexibles	14
5.3.1	Fisuras	14
5.3.1.1	Piel de Cocodrilo	15
5.3.2	Pérdida de las capas de la estructura	15
5.3.2.1	Bacheo	16
5.3.3	Daños superficiales	16
5.3.3.1	Surcos	17
5.3.4	Deformaciones:	17
5.3.4.1	Ahuellamiento en el pavimento	18
5.3.4.2	Causas del ahuellamiento	19
5.4	Mezclas asfálticas.....	20
5.4.1	Clasificación de las mezclas asfálticas.....	21
5.5	Módulos.....	21
5.5.1	Ensayo de módulo dinámico	22
5.6	Deformación plástica	24
5.6.1	Ensayo de la rueda Cargada de Hamburgo	25

6.	METODOLOGIA	27
6.1	Tipo de investigación	27
6.2	El enfoque de la Investigación	27
6.3	Método de la Investigación	27
6.4	Fases o procedimiento	27
6.5	Diseño Muestral	29
6.6	Técnicas e Instrumentos de Recolección de Información.....	30
6.7	Técnicas de Análisis de la Información	31
7.	DESARROLLO DE OBJETIVOS.....	32
7.1	Evaluar y seleccionar una herramienta informática para el desarrollo de la guía relacionados con módulos dinámicos y deformación plástica.	32
7.2	Implementar modelos audiovisuales que faciliten la pedagogía de la guía dentro de la plataforma.	40
7.3	Realizar una prueba piloto para ajustes de la guía a los requerimientos de los cursos relacionados con módulos dinámicos y deformación plástica.	43
8.	CONCLUSIONES	51
9.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52

10. Anexo A página web creada	57
-------------------------------------	----

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Tipos de Falla en Pavimentos	14
Tabla 2. Descripción Deformación por Ahuellamiento	19
Tabla 3. Propiedades de las Mezclas Asfálticas	20
Tabla 4. Clasificación de Mezclas Asfálticas	21
Tabla 5. Evaluación herramienta informática	32
Tabla 6. Nombres de las personas encuestadas.	46

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Estructura de Pavimento Flexible.....	11
Figura 2. Distribución de Carga de Pavimento Flexible.....	11
Figura 3. Estructura de Pavimento Rígido.....	12
Figura 4. Distribución de Cargas en Pavimento Rígido	12
Figura 5. Estructura Pavimento Articulado	13
Figura 6. Piel de Cocodrilo	15
Figura 7. Bache	16
Figura 8. Surcos	17
Figura 9. Por fallas en la Subrasante.....	18
Figura 10. Ahuellamiento por Fallas en la Mezcla Asfáltica	18

Figura 11. Ahuellamiento	19
Figura 12. Esquema de la Prueba de Modulo Dinámico	22
Figura 13. Instrumentación y Condicionamiento de los Especímenes.	23
Figura 14. Máquina de Ensayo Rueda de Hamburgo	26
Figura 15. Ficha Técnica Encuesta	31
Figura 16. Logo Andipave	33
Figura 17. Creación de cuenta HostGator.....	33
Figura 18. Ingreso al cPanel	33
Figura 19. Panel principal cPanel	34
Figura 20. Instalación de Wordpress	34
Figura 21. Selección de tema WordPress	35
Figura 22. Gestión de WordPress	35
Figura 23. Creación páginas Andipave.com.....	36
Figura 24. Menú apariencia / personalizar WordPress	36
Figura 25. Menú apariencia Wordpress.....	37
Figura 26. Edición de página web	37
Figura 27. Panel de edición opciones	38
Figura 28. Diseño página web	38
Figura 29. Guardar cambios WordPress	39
Figura 30. Protocolo general de laboratorio	40
Figura 31. Ensayo Rueda Cargada de Hamburgo.....	41
Figura 32. Ensayo Módulo Dinámico.....	42
Figura 33. Correo electrónico enviado a la representante estudiantil Alejandra Diaz	44

Figura 34. Respuesta por parte de la representante estudiantil Alejandra Diaz	45
Figura 35. Respuestas obtenidas de la encuesta de Andipave	45

LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Pregunta 1	47
Gráfica 2. Pregunta 2	48
Gráfica 3. Pregunta 3	48
Gráfica 4. Pregunta 4	49
Gráfica 5. Pregunta 5	49
Gráfica 6. Pregunta 6	50

RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

TÍTULO: **GUÍA PRÁCTICA PARA EL ANÁLISIS DINÁMICO DE PAVIMENTOS EN LA UPB.**

AUTOR(ES): Cristian Danilo Camargo Suarez
Marlon Fabian Leal Quintero

FACULTAD: Facultad de Ingeniería Civil

DIRECTOR (A): Ing. Msc. Norma Cristina Solarte Vanegas

RESUMEN

Este trabajo de grado está orientado en la realización de los ensayos de laboratorio correspondientes al área de Pavimentos de la facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Pontificia Bolivariana, que permitirá desarrollar una guía práctica en la cual se describe de manera sencilla, didáctica y clara los procedimientos, calculo y análisis para los ensayos, Modulo Dinámico y Deformación Plástica, donde se tendrán en cuenta aspectos como el funcionamiento adecuado de los equipos existentes, manejo apropiado de los materiales a ensayar y los requerimientos exigidos por las normas técnicas para el correcto procedimiento y desarrollo de las prácticas. La guía de forma precisa detallara los pasos necesarios que se deben realizar en el laboratorio para un adecuado desarrollo de las practicas, además en la guía encontrara todo el material teórico necesario para que quien realice la práctica pueda determinar de qué forma analizar los datos obtenidos durante el laboratorio y como interpretar los resultados, cálculos o datos que se realicen con base en la información del ensayo de laboratorio.

PALABRAS CLAVE: Módulo Dinámico, Deformación Plástica, Laboratorio, Guías, Pavimentos, Materiales.

V° B° DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADO

**GENERAL SUMMARY OF WORK OF
GRADE**

TITLE: **PRACTICAL GUIDE FOR DINAMYC PAVEMENT ANALYSIS AT UPB.**

AUTOR(S): Cristian Danilo Camargo Suarez
Marlon Fabian Leal Quintero

FACULTY: Civil Engineer Faculty

DIRECTOR: Ing. Msc. Norma Cristina Solarte Vanegas

ABSTRACT

This degree work is oriented to the realization of the laboratory test corresponding to the área of Pavements of the Faculty of Civil Engineering of the Universidad Pontificia Bolivariana, which Will allow the development of a practical guide in whic the procedures, calculation and análisis for the test, Dynamic Modulus and Plastic Deformation are described in a simple, didactic and clear way, where aspects such as the proper operation of the existing equipment, proper handling of the material to be tested and the requeriments demanded by the technical standars for the correct procedure and development of the practices will be taken into account. The guide will precisely detail the necessary steps to be performed in the laboratory for a proper development of the practices, also in the guide you Will find all the theoretical material necessary for those who perform the practice can determine how to analyze the data obtained during the laboratory and how to interpretet the results, calculations or data that are made base don the information of the laboratory test.

KEYWORDS: Dynamic Module, Plastic Deformation, Laboratory, Guides, Pavements, Materials.

V° B° WORK GRADE DIRECTOR

INTRODUCCIÓN

En el desarrollo de la vida académica, el estudiante necesita desarrollar sus habilidades en actividades teóricas y prácticas, con el fin de brindar un conocimiento más profundo en el desarrollo de cada campo de estudio. Por lo tanto, el estudiante deberá desarrollar una serie de prácticas de laboratorio que cumplirá con los objetivos ya mencionados.

Para el desarrollo de este trabajo de grado fue necesario recopilar toda la información suministrada por las Normas Técnicas Colombiana (NTC), las Normas del Instituto Nacional de Vías (I.N.V.E) y las normas internacionales AASHTO y ASTM que garantizan la confiabilidad y exactitud de la información del documento ya que son la base de este trabajo.

En esta guía metodológica tiene como finalidad disminuir las deficiencias que afectan a los estudiantes de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Pontificia Bolivariana incluyendo el desempeño y desarrollo de las prácticas de laboratorio antes mencionadas; con esta propuesta, esperamos brindar una herramienta de consulta, fácil de entender para el proceso, lo cual anteriormente no hubiese sido posible ya que los manuales existentes en la descripción de los procedimientos de los ensayos son muy complejos y presentan información limitada.

1. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

Los laboratorios especializados en pavimentos no están presentes en gran cantidad en el país y los equipos no están al alcance de algunos establecimientos educativos o comerciales, el conocimiento teórico de los equipos es importante pero la visualización y la interacción lo es aún más, por esto se buscan soluciones alternas al aprendizaje que permitan realizar estas consultas de manera virtual y de una forma más didáctica e intuitiva.

Este trabajo de grado se ejecutará en el campus de la Universidad Pontificia Bolivariana, haciendo uso de sus instalaciones y laboratorios necesarios para la ejecución del proyecto investigativo, y este se desarrollará en un lapso de tiempo necesario para la cumplir con los objetivos propuestos, y contará con un alcance investigativo que beneficiará a futuros estudiantes, profesores del área.

2. ANTECEDENTES

La realización de tales proyectos no se ha difundido ampliamente en las instituciones de educación superior, sin embargo, las investigaciones y proyectos que se describen a continuación cumplen la importancia de estandarizar las prácticas en el laboratorio.

La Universidad Santiago de Cali, una de las universidades más prestigiosas e importantes del país quien tiene como propósito la estandarización de las prácticas de laboratorio, a través de La Dirección General de Laboratorios (DGL), quien viene trabajando conjuntamente con los programas y los profesores que dirigen los respectivos cursos, en la elaboración de las “Guías de Practicas de Laboratorios”.

El estudiante de la Universidad Militar Nueva Granada Wilmar Andrés Botía Diaz realizo un proyecto de grado para optar por el título de ingeniero civil en el año 2015, el cual tiene como título “MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE ENSAYOS DE SUELOS Y MEMORIAS DE CALCULO”, en las guías presentadas en este trabajo fueron desarrolladas tomando como referencia principal la normativa INVIAS del año 2013, estableciendo procedimientos detallados para los métodos que se desarrollarán en el laboratorio, así como el desarrollo de hojas de cálculo que permita en base a los datos obtenidos en el laboratorio determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo en estudio.

En la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña los autores Vilma Juliana Angarita Becerra y Carlos Andrés O'meara Vergel, realizaron un trabajo de grado orientado a la realización de ensayos de laboratorio correspondientes a la asignatura de pavimentos, que permitió elaborar un manual práctico en el cual de manera didáctica, sencilla y muy clara describe los conceptos, cálculos, procedimientos y análisis de cada una de las prácticas de laboratorio.

Finalmente, la Universidad Politécnica de Madrid, España (UPM) fue presentado en el año 2017 el proyecto “LCweb. (Laboratorio de Caminos web) Respaldo documental para prácticas de laboratorio”, sus autores Juan Gallego, José Marcobal, Ana María Rodríguez Alloza y Begoña Guirao quienes son miembros del Grupo de Innovación Educativa de Transportes, realizaron este trabajo de investigación con el objetivo de dotar de un apoyo documental a las prácticas de laboratorio, en formato multimedia, con la posibilidad de autoevaluación, que el alumno puede utilizar durante sus estudios o cuando inicie su vida profesional. Actualmente los estudiantes utilizan esta plataforma como complemento de sus visitas al laboratorio de materiales de construcción de la asignatura de firmes y pavimentos de la UPM. Proyectos de esta índole suponen un esfuerzo inicial, pero una vez en marcha precisan poco esfuerzo por parte del profesor y suponen un importante recurso para el alumno.

3. JUSTIFICACIÓN

En el planteamiento de entregar una guía metodológica para la realización de los ensayos de laboratorio de pavimentos previamente descritos, busca recopilar la información necesaria para el correcto desarrollo de la guía que abarque el procedimiento para la ejecución de los ensayos realizados a pavimentos, partiendo de las normas y estándares establecidos por las regulaciones ASTM, AASHTO e INVIAS.

Al crear esta guía metodológica, podemos cubrir algunas de las necesidades que se presentan en la ejecución de los ensayos de laboratorio, ya que los manuales existentes son muy generales para describir el desarrollo de los ensayos, y con esta guía se busca mostrar de forma ilustrativa y un poco más amable la normativa y el desarrollo de los laboratorios.

A través de esta propuesta, esperamos brindarle a los estudiantes y profesores de la facultad de ingeniería civil una guía multimedia que les permitirá desarrollar fácilmente procedimiento en los ensayos de laboratorio “Modulo Dinámico” y “Deformación plástica” que están orientados principalmente a prácticas de posgrados en el área de pavimentos de la Universidad Pontificia Bolivariana. Además, se pretende en este trabajo optimizar el efecto de aprendizaje mediante la combinación de las prácticas tradicionales de laboratorio, abreviadas, con un ambiente Web que brinda y expande un respaldo documental y literario para la práctica presencial del laboratorio.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo General

Desarrollar una guía metodológica de los ensayos de módulos dinámicos y deformación plástica del laboratorio de pavimentos de la Universidad Pontificia Bolivariana para uso de los estudiantes de ingeniería civil.

4.2 Objetivos Específicos

Evaluar y seleccionar una herramienta informática para el desarrollo de la guía relacionados con módulos dinámicos y deformación plástica.

Implementar modelos audiovisuales que faciliten la pedagogía de la guía dentro de la plataforma.

Realizar una prueba piloto para ajustes de la guía a los requerimientos de los cursos relacionados con módulos dinámicos y deformación plástica.

5. MARCO TEÓRICO

En la labor práctica los ingenieros civiles deben enfrentar diversos e importantes problemas en el terreno donde se va a trabajar. Toda estructura de pavimento debe estar previamente diseñada y ensayada para evitar riesgos en obra y una vez puesta en servicio. Existen ensayos dinámicos que permiten conocer el comportamiento de la estructura de pavimento como es su desgaste, fisuras y otras patologías.

Es necesario conocer algunos conceptos y términos importantes, que nos harán entender por qué se hace esencial implementar una metodología y un procedimiento dirigido a revisar y controlar la calidad, en cada una de las etapas del Mantenimiento con Mezclas Asfálticas en caliente y en cada trabajo de la construcción, en el q se pretenda conseguir un producto de calidad. (Angarita Becerra & O´meara Vergel, 2016)

Nos resulta atractivo ocupar definiciones puntuales y hasta cierto punto; sencillos, y de esta forma no perder de vista los objetivos abordados en el actual documento de trabajo de grado.

Se pueden clasificar los pavimentos según su tipo en Rígidos o flexibles. Naturalmente se decide implementar el sistema flexible por parte del Diseñador, convenientemente a que presenta algunas ventajas por encima del sistema Rígido como:

- Bajo precio inicial
- No necesita de juntas por lo que resulta más cómodo el tránsito por la vía.
- Se puede reciclar.
- Las operaciones de rehabilitación son menos costosas. Etc

Por lo que es más utilizado en nuestro medio y como se ha nombrado anteriormente, por la naturaleza misma de éste, constantemente ha sido materia de estudio las técnicas de mantenimiento para optimizar estado físico, estructural y funcional a lo amplio de su vida útil.

5.1 Conceptos y Generalidades

5.1.1 Pavimentos:

El pavimento está compuesto generalmente por un grupo capas de materiales con diferentes características pero que brindan un acabado liso y resistente, puestos sobre el terreno, y está capacitado para resistir las cargas una vez sea puesto en servicio y las acciones del medioambiente (Fernandez Ordoñez, 1985), así como evitar que se transfieran a las capas inferiores esfuerzos y deformaciones, permitiendo que el tránsito de vehículos sea de una manera cómoda, segura y agradable para el conductor:

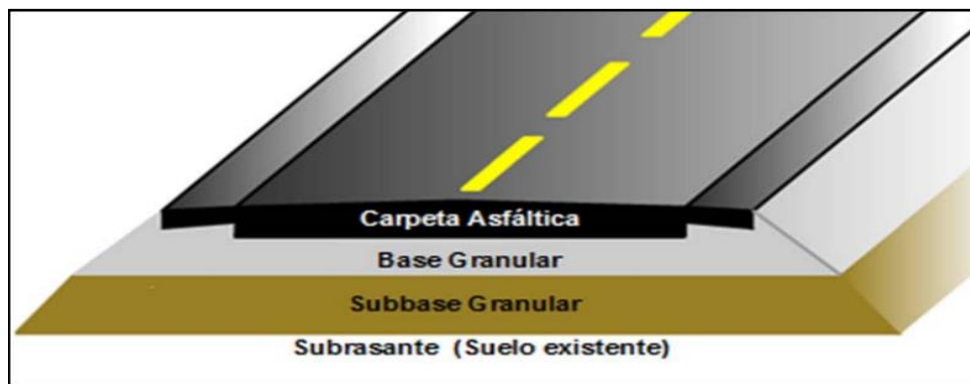
5.2 Clasificación de los pavimentos:

- Pavimentos flexibles
- Pavimentos rígidos
- Pavimentos afirmados
- Pavimentos articulados

5.2.1 Pavimentos Flexibles

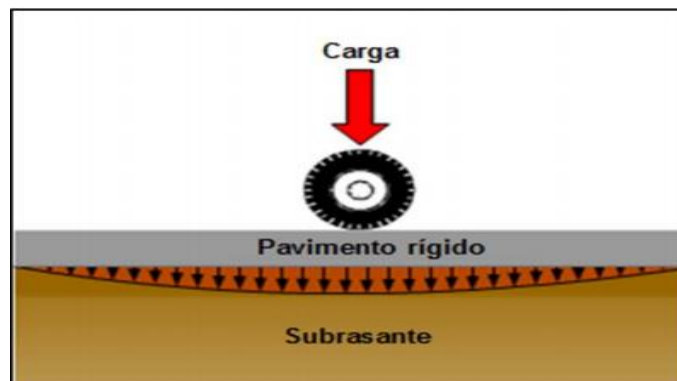
El pavimento flexible (Figura 1) está conformado por una capa de asfalto que se apoya sobre un conjunto de capas de gran flexibilidad de la carpeta asfáltica (base y subbase), el peso que genera el vehículo en cada una de sus llantas a la superficie transmite una carga concentrada, el efecto de esta carga sobre las capas subyacentes se disminuye en cuanto aumenta los espesores de las capas (Forero Rondón, 2012), como se indica en la Figura 2.

Figura 1. *Estructura de Pavimento Flexible*



Fuente: (MUENCH, MAHONEY, & PIERCE, 2010)

Figura 2. *Distribución de Carga de Pavimento Flexible*



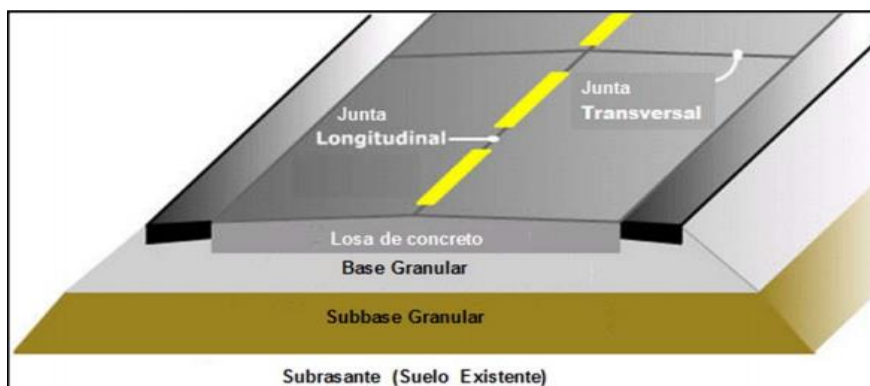
Fuente: (MUENCH, MAHONEY, & PIERCE, 2010)

5.2.2 Pavimentos Rígidos:

Los pavimentos rígidos (Figura 3) están conformados por capas, una capa de concreto, una capa de grava y una capa de material granular, estas reciben el nombre de rasante, subrasante y subbase. Su resistencia estructural depende principalmente por las losas de concreto. Además, en este tipo de pavimentos el elevado coeficiente de elasticidad y la alta rigidez del concreto hacen que se genere una amplia zona en la que pueden distribuirse los esfuerzos. (Figura 4)

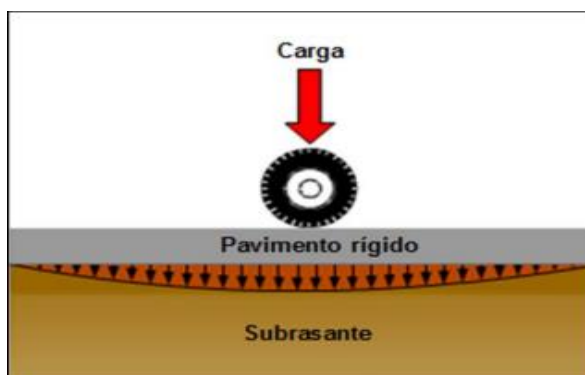
De igual forma el concreto tiene la facultad de soportar esfuerzos a tensión. Su resistencia y composición es ideal en toda la zona sin importar que cuente con zonas débiles en sus capas inferiores. (Forero Rondón, 2012)

Figura 3. Estructura de Pavimento Rígido



Fuente: (MUENCH, MAHONEY, & PIERCE, 2010)

Figura 4. Distribución de Cargas en Pavimento Rígido



Fuente: (MUENCH, MAHONEY, & PIERCE, 2010)

5.2.3 Pavimentos afirmados:

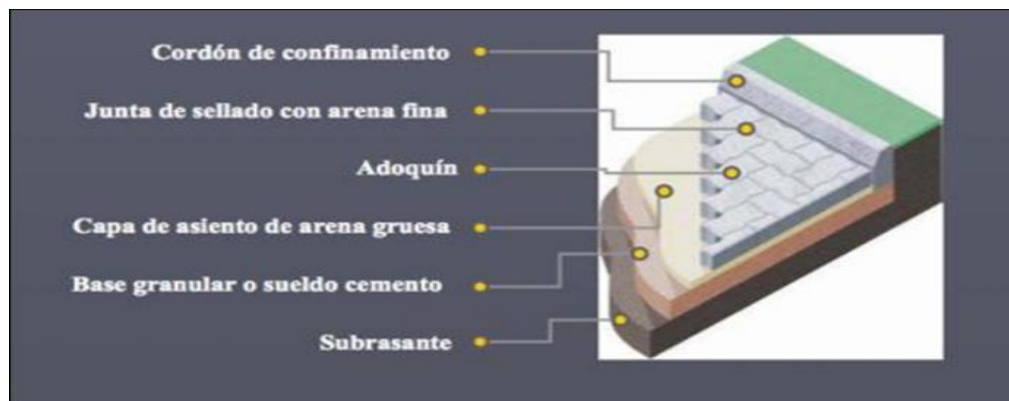
Los pavimentos afirmados se conforman de un grupo de capas de material granular que se compacta y se extiende sobre una subrasante que incrementa la resistencia y mejora la distribución de cargas al paso de vehículos de grandes dimensiones al mismo tiempo que mejora el confort de marcha y la seguridad vial. (IDU, 2007)

5.2.4 Pavimentos articulados:

El pavimento articulado es un sistema para pisos muy efectivo, y está conformado por bloques o adoquines prefabricados de pequeñas dimensiones. Cuenta con características mecánicas importantes que brindan soluciones técnicas y decorativas para cualquier tipo de vehículo que transite. Puede soportar grandes cargas conservando su armonía en el entorno por la posibilidad de emplear diferentes formas y colores.

Los bloques o adoquines se colocan sobre una capa de arena, que funciona para sellar las juntas. Dependiendo de la calidad y características del material utilizado, se decide en que capa se debe instalar estos bloques si en la subbase o subrasante, como se expone en la Figura 5. (Forero Rondón, 2012)

Figura 5. *Estructura Pavimento Articulado*



Fuente: (Sánchez Castillo, 2004)

5.3 Fallas en pavimentos flexibles

Los daños y problemas presentados en una estructura de pavimento inciden y reducen la vida de servicio de una vía y la comodidad del usuario, en ocasiones pertenecen a defectos constructivos y no es clasificable como deterioros. (Bernal Ardila, Gomez Hernandez, & Cespedes Perafan, 2017)

Tabla 1. *Tipos de Falla en Pavimentos*

FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES	PATOLOGIAS	
Fisuras y grietas	Piel de cocodrilo	Fisuras en bloque
	Fisuras longitudinales y transversales	Fisuras en bloque
	Fisuras en borde	Fisuras parabólicas o por deslizamiento
Deformaciones	Ahuellamiento	Depresión
	Abultamiento y hundimiento	Corrugación
	Desplazamiento	hinchamiento
Pérdida de capas de la estructura	Baches	
	Peladura por interperismo y desprendimiento de agregados	
Daños superficiales	Exudación	
	Desnivel carril – berma	
	Agregado pulido	
	parches	

Fuente: (Bernal Ardila, Gomez Hernandez, & Cespedes Perafan, 2017)

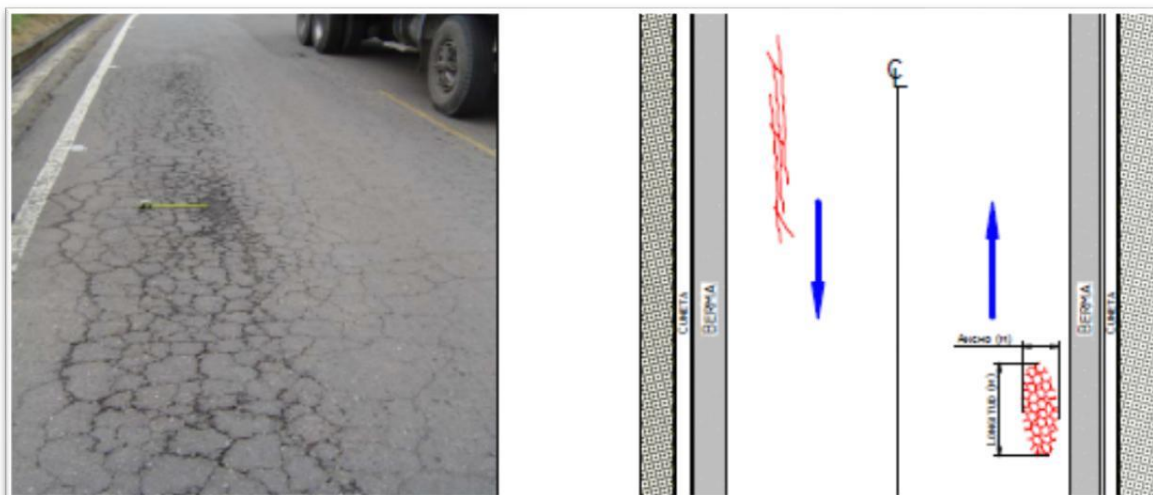
5.3.1 Fisuras

Son discontinuidades en una la carpeta asfáltica del pavimento, y van en dirección paralela al tránsito o transversal al mismo. El fisuramiento inicia en la zona inferior de las capas asfálticas donde las deformaciones por tracción y las tensiones, obtienen su valor máximo cuando el pavimento es requerido por una carga. Estas fisuras suceden necesariamente en áreas sometidas a alto volumen de tránsito, como las huellas de canalización del tránsito. Si se tiene una base y sub-base débil, el fisuramiento ira acompañado de ahuellamiento.

5.3.1.1 Piel de Cocodrilo

Corresponden a una serie de fisuras conectadas entre sí formando pequeños polígonos irregulares de dimensión inferior a 0.3 m sobre la superficie del pavimento. Este fenómeno está asociado a la repetición de las cargas sobre la superficie (fatiga), producidas del tránsito de vehículos sobre una estructura de pavimento.

Figura 6. *Piel de Cocodrilo*



Fuente: (INVIAS, 2006)

5.3.2 Pérdida de las capas de la estructura

Este tipo de falla corresponde a la desintegración o desprendimiento de material en la capa de rodadura, entre las posibles causas se encuentra:

- Dificultades en la adherencia entre el asfalto y los agregados.
- Manejo de agregados contaminados.
- Agregados muy absorbentes.
- Mal clima en la aplicación del fraguado del ligante asfáltico.

- Deficiente compactación en la capa asfáltica.
- Endurecimiento significativo del asfalto.

5.3.2.1 Bacheo

El deterioro por baches es muy común en la reparación de fallas localizadas en la carpeta asfáltica, y este tipo de falla corresponde a la descomposición total de la superficie del asfalto dejando expuesto los materiales granulares regularmente en una extensión de 0,9 m de diámetro, de forma redondeada y de profundidad variable con bordes bien definidos, que resulta de insuficiente mantenimiento y problemas en sus capas estructurales.

Figura 7. Bache



Fuente: (INVIAS, 2006)

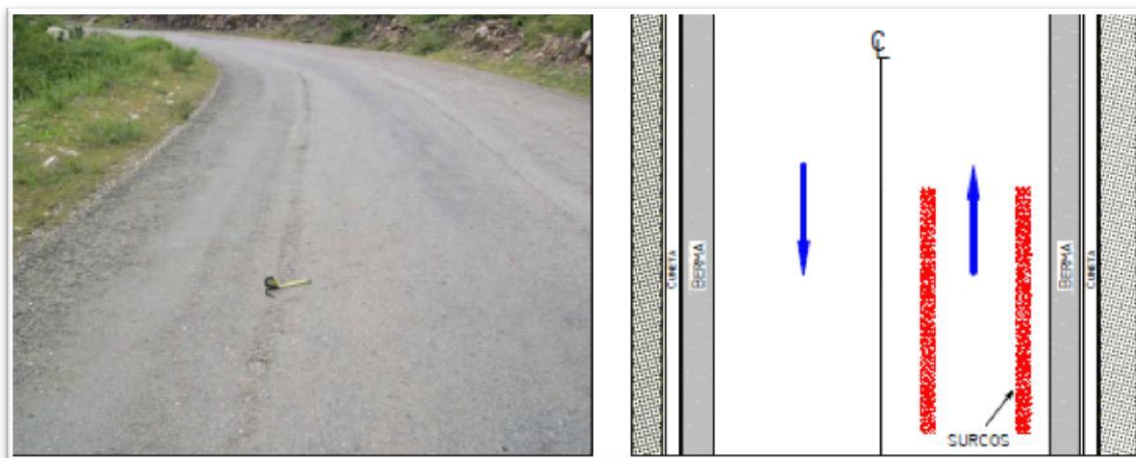
5.3.3 Daños superficiales

El deterioro se presenta a causa de la desintegración del asfalto generado primariamente por acción del tránsito al igual que los agentes abrasivos, sumando como consecuencia de los daños anteriormente definidos.

5.3.3.1 Surcos

Son las franjas o canales longitudinales que han perdido los agregados de la mezcla asfáltica, y es resultado de una distribución transversal defectuosa del agregado o el ligante bituminoso, lo que produce el desgranamiento de los agregados. Una probable evolución de esta falla sería el descascaramiento, bache o pérdida de los agregados. (INVIAS, 2006)

Figura 8. *Surcos*



Fuente: (INVIAS, 2006)

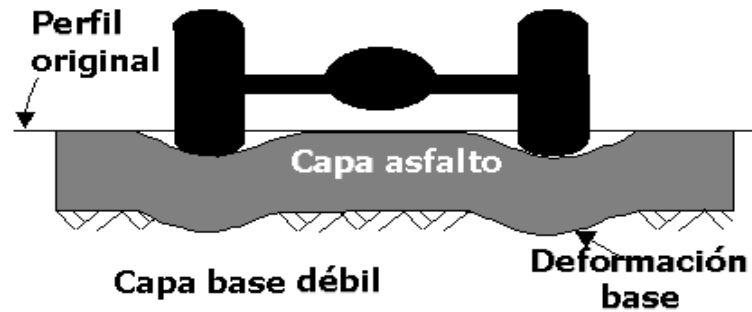
5.3.4 Deformaciones:

Son canales formados a lo largo de un recorrido determinado por la circulación constante de vehículos, estas deformaciones se forman por las cargas repetidas y constantes en la huella por donde circula el tránsito sobre el asfalto, acumulando deformaciones con el pasar del tiempo.

El comportamiento que presenta las mezclas de asfalto frente a la formación de ahuellamientos está vinculado al tipo de ligante, a la calidad de sus agregados, composición granulométrica y aditivos utilizados en la mezcla.

Existen dos tipos de deformaciones plásticas:

Figura 9. *Por fallas en la Subrasante*



Fuente: (Delbono & Rebollo, 2017)

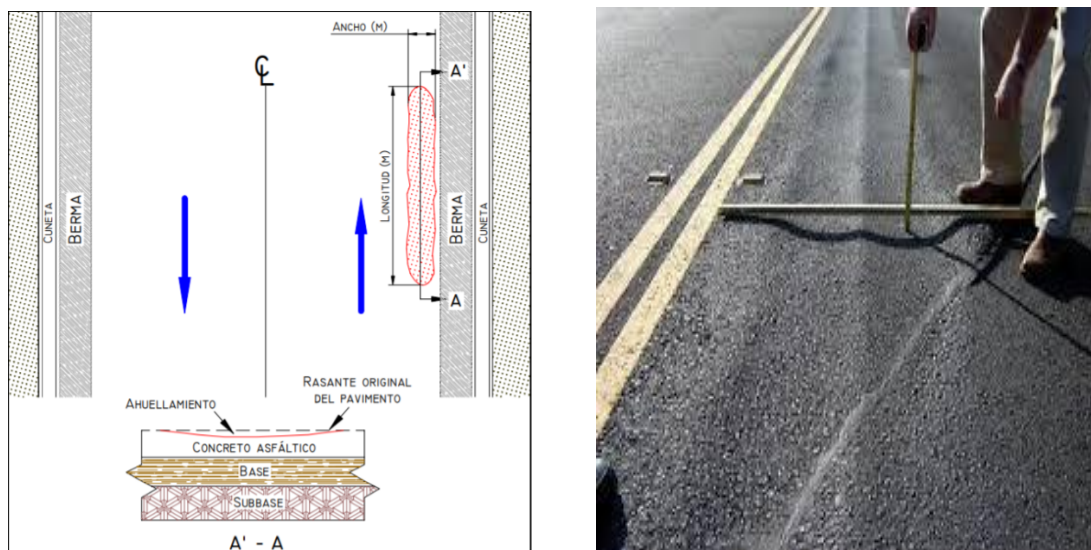
Figura 10. *Ahuellamiento por Fallas en la Mezcla Asfáltica*



Fuente: (Delbono & Rebollo, 2017)

5.3.4.1 Ahuellamiento en el pavimento

Es un hundimiento o depresión causado por el paso constantes de los neumáticos por un punto sobre el pavimento, afectando su estructura debido a la acumulación de pequeñas deformaciones permanentes producidas por pulsos de carga derivados del tránsito de los vehículos sobre el mismo sector, generando además la elevación de áreas adyacentes sobre su trayectoria a la zona deprimida y fisuración.

Figura 11. Ahuellamiento

Fuente: (Delbono & Rebollo, 2017)

5.3.4.2 Causas del ahuellamiento

En climas cálidos existe la tendencia a incrementar las deformaciones plásticas de la mezcla asfáltica, igualmente durante el proceso constructivo se puede realizar una compactación inapropiada de las capas de pavimento, esto debido al uso de agregados redondeados o asfaltos blandos, sin descartar un mal proceso en el diseño para el servicio de carga permitida y temperatura.

Tabla 2. Descripción Deformación por Ahuellamiento

Nivel de Severidad	Baja	Profundidad menor que 10 mm
	Media	Profundidad entre 10 mm y 25 mm
	Alta	Profundidad mayor que 25 mm
Unidad de Medición	Se mide en metros cuadrados (m ²) de área afectada, asignando la severidad de acuerdo con la zona de mayor profundidad	
Evolución Probable	Piel de cocodrilo y desprendimientos	

Fuente: (INVIAS, 2006)

5.4 Mezclas asfálticas

La capa de pavimento encargada de brindar una superficie de rodadura segura, estética y confortable es la superior, sin embargo, todos los requerimientos esperados para una superficie de rodadura no es posible optimizarse paralelamente, habrá que compensar las propiedades contrapuestas con el fin de lograr soluciones más satisfactorias.

Por otra parte, las capas de mayor grosor de los pavimentos cuentan con una misión estructural fundamental para absorber en gran medida las sollicitaciones del tráfico, con el propósito de que estas lleguen favorablemente disminuidas a las capas inferiores, cimiento o explanada de la carretera (Padilla Rodríguez, 2004). En la siguiente tabla están clasificadas las propiedades funcionales y técnicas más importantes de las mezclas asfálticas:

Tabla 3. *Propiedades de las Mezclas Asfálticas*

PROPIEDADES FUNCIONALES DE LAS MEZCLAS AFÁLTICAS		PROPIEDADES TÉCNICAS DE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS	
Seguridad	<ul style="list-style-type: none"> Resistencia al deslizamiento Regularidad Transversal Visibilidad (Señales viales) 	Trabajabilidad	<ul style="list-style-type: none"> Compactibilidad Resistencia a la segregación de agregado grueso/fino Resistencia a la segregación de agregado grueso/ligante
Comodidad	<ul style="list-style-type: none"> Regularidad longitudinal Regularidad transversal Visibilidad Ruido 	Durabilidad (en relación con el clima)	<ul style="list-style-type: none"> Resistente al lavado por agua Resistente a la fisuración térmica Resistente a la fisuración por reflexión Resistente al envejecimiento
Durabilidad	<ul style="list-style-type: none"> Capacidad de soporte Resistencia a la desintegración superficial 	Propiedades mecánicas (en relación al tráfico)	<ul style="list-style-type: none"> Resistencia a la fisuración por fatiga Resistencia a las deformaciones plásticas permanentes Módulo de rigidez Resistencia a la pérdida de partículas
Medio ambiente	<ul style="list-style-type: none"> Ruido Capacidad de ser reciclado 	Textura superficial	
		Conductividad hidráulica	
Trabajabilidad		Absorción de ruido	

Fuente: (Padilla Rodríguez, 2004)

5.4.1 Clasificación de las mezclas asfálticas

Podemos encontrar varios tipos de mezclas asfálticas y según sus parámetros las clasificaciones pueden variar tal y como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 4. *Clasificación de Mezclas Asfálticas*

PARÁMETRO DE CLASIFICACIÓN	TIPO DE MEZCLA
Fracciones de agregado empleadas	Masilla
	Mortero
	Concreto
	Macadam
Temperatura de puesta en obra	En frío
	En caliente
Huecos en la mezcla (h)	Cerradas (h<6%)
	Semicerradas (6%<h<12%)
	Abiertas (h>12%)
	Porosas (h>20%)
Tamaño máximo del agregado (t máx.)	Gruesas (t máx. >10mm)
	Finas (t máx. < 10mm)
Estructura del agregado pétreo	Con esqueleto mineral
	Sin esqueleto mineral
Granulometría	Continuas
	discontinuas

Fuente: (Padilla Rodríguez, 2004)

5.5 Módulos

El módulo es el que define las propiedades elásticas presenten en un pavimento, es la relación entre el esfuerzo máximo y la deformación máxima como se muestra en la ecuación.

$$\text{Módulo Dinámico} = \frac{\sigma_o}{\varepsilon_o}$$

Donde:

$$\sigma_o = \text{esfuerzo de carga axial, kPa} \left(\frac{\text{lbs}}{\text{pulg}^2} \right), \text{ y}$$

$$\varepsilon_o = \text{recuperacion de la deformacion axial, } \frac{m}{m} \left(\frac{\text{pulg}}{\text{pulg}} \right).$$

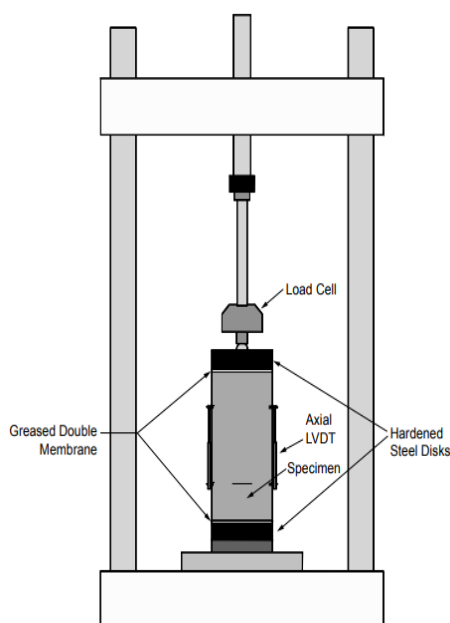
El módulo, es la resistencia a deformarse que obtiene la mezcla al estar sometida a cargas sinusoidales, que deben ubicarse dentro de un rango viscoelástico.

Una propiedad que permite definir propiedades del material y su comportamiento es el ángulo de fase, dependiendo del valor del ángulo, este nos indica si un material es visco-elástico o no. Un ángulo de fase de 90° se asocia a un comportamiento totalmente viscoso, un ángulo de fase de 0° se asocia a un comportamiento totalmente elástico. Una mezcla asfáltica ubicada entre los 0 y 90° se considera viscoelástico, la mayoría de mezclas asfálticas se encuentra entre los 0 y 60° .

5.5.1 Ensayo de módulo dinámico

El ensayo que se implementa para el cálculo del módulo dinámico es el INV-754-07 (Instituto Nacional de Vías) o AASTHO T342 (American Association of State Highway and Transportation Officials).

Figura 12. *Esquema de la Prueba de Modulo Dinámico*



Fuente: (AASHTO T324 – 11, 2015)

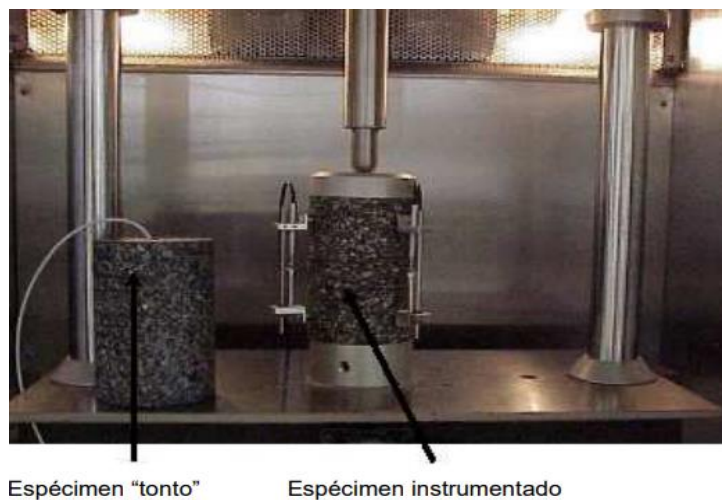
El ensayo de módulo dinámico determina la rigidez que presenta una mezcla asfáltica al ser sometida a cargas, variando temperaturas y frecuencias se simula un entorno climático variado que se ajuste a las condiciones que presenta un pavimento una vez sea puesto en servicio.

Es de gran importancia para diseño de mezcla como para el espesor de la capa asfáltica, brindando mayor seguridad al diseñador y al contratista al ejecutar la obra, ya que se dispone de variados recursos que permitan sobreestimar el rendimiento del pavimento y prevenir fallas tempranas en la estructura de pavimento, que generarían sobrecostos.

Para este método debemos realizar mínimo un ensayo a -10 , 4.4 , 21.1 , 37.8 y 54° C y frecuencias de 0.1 , 0.5 , 1.0 , 5 , 10 y 25 Hz a cada temperatura.

La respuesta esperada del material es un comportamiento lo más lineal posible, presentando pequeñas deformaciones sin que lleguen a sobrepasar los límites, características que aseguren un estado óptimo del pavimento.

Figura 13. *Instrumentación y Condicionamiento de los Especímenes.*



Fuente: (Leiva, 2004)

El equipo es el DTS-30, cuenta con la capacidad de generar las frecuencias y tensiones para la realización del ensayo, con intervalos de 0.1Hz a 25Hz y esfuerzos de hasta 2800kPa, la suficiente carga que pueda simular las condiciones presentes en una estructura de pavimento. Esta debe generar una onda de medio seno inverso.

Es un equipo de pruebas hidráulico que implementa el control digital de una válvula de alto rendimiento capaz de generar ondas de carga exactas con modelos de hasta 100 Hz. El equipo DTS-30 puede ser operado en tensión o compresión de carga dinámica. Es una herramienta óptima para ensayar una gran variedad de materiales como fibras, asfalto, suelo, plástico y material granular.

5.6 Deformación plástica

La deformación plástica permanente se presenta por la baja resistencia al corte de la mezcla asfáltica para soportar cargas aplicadas de los vehículos de forma repetitiva, se representa por la prolongación de fisuras y un levantamiento lateral de la mezcla asfáltica y puede ser evaluado por ensayos de simulación representando en tiempo real el tránsito de vehículos esperados en el campo.

Los ensayos de simulación evalúan el desempeño de la mezcla asfáltica, registrando ahuellamientos bajo condiciones de humedad, esfuerzos, temperatura y comparándolo con las normas vigentes. Actualmente existen variedad de ensayos más aproximados a la realidad que otros y los más utilizados son los ensayos de simulación de tráfico.

El ensayo de Rueda Cargada de Hamburgo es considerado uno de los ensayos más comerciales y de mejor aceptación dentro de los ensayos de simulación que existen actualmente, ya que puede alcanzar una validación correcta entre lo que sucede en el laboratorio e in situ.

5.6.1 Ensayo de la rueda Cargada de Hamburgo

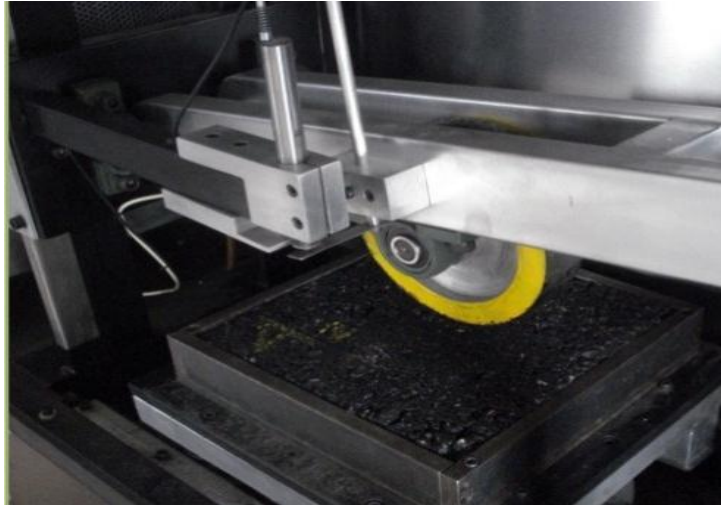
Este ensayo tiene como finalidad simular al máximo posible lo que ocurre en un pavimento cuando es pues en servicio. Se evalúa el desempeño de la mezcla asfáltica, registrando las deformaciones bajo condiciones de humedad, esfuerzos, temperatura y condiciones generales de los materiales.

Está normalizada bajo la Norma AASHTO T 324 -17 de EE. UU y la Norma EN 12697 – 22 de Europa, sin embargo, en la Norma AASHTO T 324 no se indica una temperatura de prueba, se deja a criterio de los departamentos o dependencias seleccionar la temperatura de prueba que mejor refleje las condiciones de temperatura locales.

Posteriormente se obtienen conclusiones analizando los resultados y haciendo un cuadro comparativo con la normativa vigente. En general, los ensayos de Rueda cargada de Hamburgo se utilizan para detectar mezclas asfálticas susceptibles a la deformación permanente o ahuellamiento y al daño por humedad.

El equipo cuenta con un par de ruedas de acero con dimensiones de 47 mm de ancho, 203.2 mm de diámetro. La carga que aplica cada rueda es de 705 ± 4.5 N a una velocidad es de 30.5 cm/s aproximadamente y produciendo 52 ± 2 pasadas/min, consta de dos tanques donde son sumergidos los especímenes a ensayar. La deformación o ahuellamiento es medida con LVDTs, instalados al lado de las ruedas y estos sensores tienen un rango de 0-20 mm con una precisión de 0.01 mm. Los especímenes pueden ser cilíndricos de 150 mm de diámetro y 60 mm de espesor, o especímenes rectangulares de 260 mm de ancho, 320 mm de largo, 40 mm de espesor. Fabricados con un porcentaje de vacíos de $7 \pm 1\%$ y su temperatura de prueba será la indicada en la norma o con los requerimientos según las condiciones de temperaturas deseadas.

Figura 14. *Máquina de Ensayo Rueda de Hamburgo*



Fuente: (Delbono & Rebollo, 2017)

6. METODOLOGIA

6.1 Tipo de investigación

La presente investigación es de tipo descriptiva y analítica donde se reseñan las características o rasgos del objeto de estudio (Salkind, 1998), la investigación descriptiva se soporta principalmente en técnicas como la encuesta, la entrevista, la observación y la revisión documental. Una investigación analítica “es un proceso cognoscitivo que consiste en descomponer un objeto de estudio, separando cada una de las partes del todo para estudiarlas en forma individual” (Bernal, 2010).

6.2 El enfoque de la Investigación

La presente investigación tiene un enfoque mixto (Cuantitativo- Cualitativo); es mixto porque se realizó un uso cuantitativo al momento de hacer la medición de las características de estudio, generalizando y normalizando los resultados y a la vez es cualitativo porque se cualifico y describió categorías de estudio, que corresponde a lo planteado por Bernal.¹

6.3 Método de la Investigación

El método usado en la presente investigación es inductivo, como lo establece (Bernal, 2010) pues se “Parten de hechos particulares aceptados como válidos, para llegar a conclusiones cuya aplicación sea de carácter general.”

6.4 Fases o procedimiento

Objetivo 1. Evaluar y seleccionar una herramienta informática para el desarrollo de la guía relacionados con módulos dinámicos y deformación plástica.

¹ BERNAL, T. C. Método y Metodología en la investigación científica. CA Bernal Torres, Metodología de la Investigación: Administración, Economía, Humanidades y Ciencias Sociales, 2010, p. 58-61.

Fase 1: Se realizó la revisión y estudio de las normas AASHTO, INVIAS y documentos referentes con la metodología de diseño de pavimentos como artículos, memorias y proyectos realizados, que complementen información sobre el proceso de los ensayos de Rueda cargada de Hamburgo y el ensayo de Modulo Dinámico.

Fase 2: Se realizó la selección de la herramienta informática para el desarrollo de la guía relacionados con módulos dinámicos y deformación plástica.

Fase 3: Se seleccionó un proveedor de dominio y hosting, para el diseño y desarrollo de la página web.

Objetivo 2. Implementar modelos audiovisuales que faciliten la pedagogía de la guía dentro de la plataforma.

Fase 1: Elaboración de material gráfico y audiovisual, recopilando videos de ensayos de laboratorios de módulo dinámico y rueda cargada de Hamburgo.

Objetivo 3. Realizar una prueba piloto para ajustes de la guía a los requerimientos de los cursos relacionados con módulos dinámicos y deformación plástica.

Fase 1: Seleccionar un grupo de estudiantes de la facultad de Ingeniería Civil, teniendo en cuenta la muestra poblacional determinada.

Fase 2: El grupo seleccionado, realizará una navegación en la página web, para al final, realizar una retroalimentación a los autores, sobre la calidad de diseño, apartados gráficos y manejo general de la página web.

Fase 3: Diseño de encuestas a través de formulario de google, para ser aplicadas al grupo seleccionado.

Fase 4: Análisis de la información recolectada a través de las encuestas.

6.5 Diseño Muestral

6.5.1 Tipo de Muestreo

En la presente investigación se utilizó un tipo de muestreo probabilístico, aleatorio simple, con población finita y conocida.

6.5.2 Universo

El universo definido para la presente investigación, son todos los estudiantes activos en el periodo 2021-1, de la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga.

6.5.3 Población

Todos los estudiantes activos en el periodo 2021-1 de la Facultad de Ingeniería Civil, de la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga.

Según (Universidad Pontificia Bolivariana, 2020), se estima el ingreso de 572 estudiantes de Ingeniería Civil en el primer semestre de 2021.

6.5.4 Tamaño Muestral

Para la presente investigación, se utilizó la fórmula del muestreo aleatorio simple con población finita y conocida como se aprecia a continuación:

Para la muestra caracterizada se empleó la siguiente fórmula² con un nivel de confianza de 90% y un valor de error de 10%.

Con la primera ecuación, se estableció la cantidad de encuestas a realizar a los oferentes:

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q}$$

² HERRERA CASTELLANOS. Mario. “Fórmula para cálculo de la muestra poblaciones finitas” [en línea] [consultado 17 de marzo de 2021]. disponible en: <https://investigacionpediahr.files.wordpress.com/2011/01/formula-para-cc3a1lculo-de-lamuestra-poblaciones-finitas-var-categorica.pdf>

$N =$ Total de la Población: 572

$n =$ Tamaño de la Muestra

$Z_{\infty} =$ Intervalo de Confianza = 1.645 (si la seguridad es del 90%)

$P =$ Probabilidad de Éxito = 0.50

$Q =$ Probabilidad de Fracaso = 0.50

$D =$ Error (error máximo admisible en términos de proporción) = 0,1

$$n = \frac{572 * 1.645^2 * 0,5 * 0,5}{0,1^2 * (572 - 1) + 1.645^2 * 0,5 * 0,5} = 60,59 \approx 61$$

6.6 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Información

Para la presente investigación, los autores hicieron uso de fuentes primarias y secundarias para recolectar la información. Las cuales se explican a continuación:

Como fuente Primaria se aplicó un cuestionario mediante la técnica de la encuesta acorde a la ficha técnica, como se aprecia en la figura 15, Entre las fuentes secundarias se utilizó, estudios realizados, Normatividad de Especificaciones de Diseño de Pavimentos, informes técnicos, artículos, libros tanto físicos como digitales.³

³ BERNAL, T. C. Técnicas de recolección de información. CA Bernal Torres, Metodología de la Investigación: Administración, Economía, Humanidades y Ciencias Sociales, 2010, p.192-194.

Figura 15. Ficha Técnica Encuesta**FICHA TÉCNICA**

Universo	Todos los estudiantes activos en el periodo 2021-1, de la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga.
Tamaño de la muestra	61 encuestas
Tipo de muestreo	Probabilístico, aleatorio simple, con población finita y conocida.
Nivel de confianza	90%
% Error	10%
Fecha de Realización	11 mayo 2021- 15 mayo 2021
Objetivo	Obtener información de los estudiantes de la facultad de ingeniería civil, acerca del uso y diseño de la página web Andipave.
Tipo de Cuestionario	Semi-estructurado

Fuente: Autores**6.7 Técnicas de Análisis de la Información**

Para el análisis de la información obtenida se realizó una tabulación en tablas de frecuencias y se diseñaron gráficos estadísticos para presentar la información.

7. DESARROLLO DE OBJETIVOS

7.1 Evaluar y seleccionar una herramienta informática para el desarrollo de la guía relacionados con módulos dinámicos y deformación plástica.

Para la evaluación y selección de la herramienta informática a utilizar, se tuvieron en cuenta los siguientes criterios:

- Facilidad de Uso
- Accesibilidad
- Costo de Implementación
- Facilidad de Diseño
- Facilidad de Actualización

Para realizar la evaluación, se escogieron 3 alternativas y se asignó una calificación teniendo en cuenta que 1= Bueno 0,5 = Regular 0= Deficiente, según cada criterio, la información de la evaluación, se presenta en la tabla a continuación:

Tabla 5. *Evaluación herramienta informática*

CRITERIO	PÁGINA WEB	PLATAFORMA EDUCATIVA	MANUAL VIRTUAL DE APRENDIZAJE
Facilidad de uso	1	0,5	0,5
Accesibilidad	1	0,5	1
Costo de implementación	1	0	0,5
Facilidad de diseño	1	0	0,5
Facilidad de actualización	1	0,5	0,5
TOTAL	5	1,5	3

Fuente: Autores

Una vez realizada la evaluación de alternativas, se escogió la herramienta de página web, para realizar el desarrollo de la guía relacionada con módulos dinámicos y deformación plástica.

Se eligió el nombre de “Andipave” para la página web, y el logo se presenta en la figura a continuación:

Figura 16. Logo Andipave

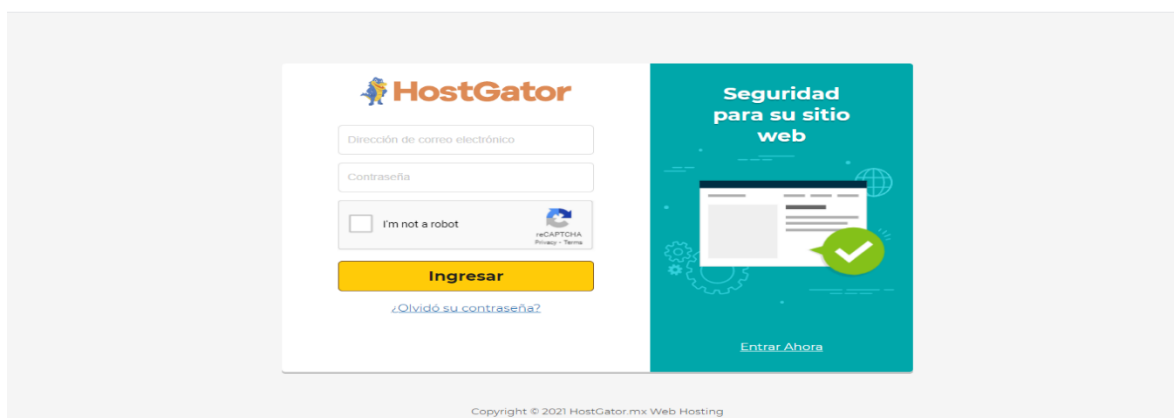


Fuente: Autores

Para realizar la creación de la página web, se siguieron los siguientes pasos:

Una vez elegido el dominio www.andipave.com, se procede a contratar hosting con el proveedor de nuestra preferencia, para el desarrollo del proyecto se hará uso de HOSTGATOR.

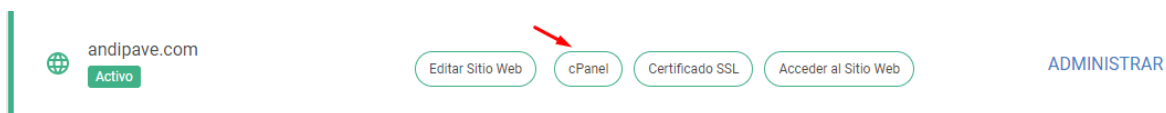
Figura 17. Creación de cuenta HostGator



Fuente: Autores

Se realiza la apertura de la cuenta en Hostgator y se procede ingresar al CPANEL donde se puede administrar todas las opciones, para así crear la página web.

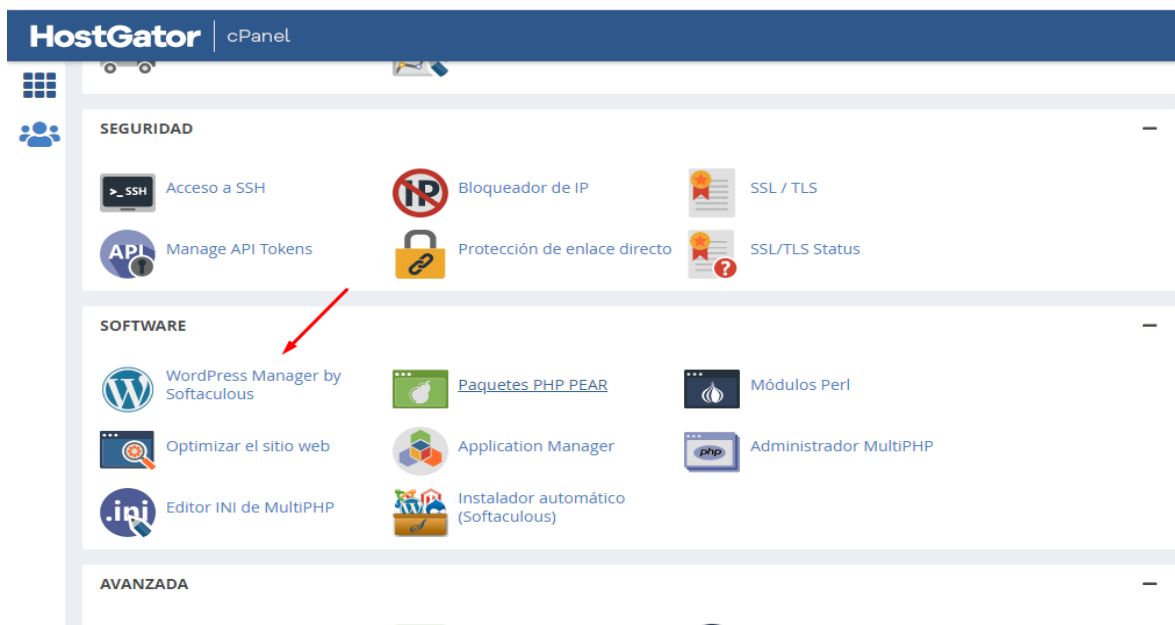
Figura 18. Ingreso al cPanel



Fuente: Autores

HostGator, ofrece diferentes herramientas para construir la página, en este caso y por facilidad se hará uso de la herramienta WordPress manager by Softaculous

Figura 19. Panel principal cPanel



Fuente: Autores

Posteriormente se realiza la instalación de Wordpress ingresando los datos de la página y el dominio elegido, en este caso www.andipave.com

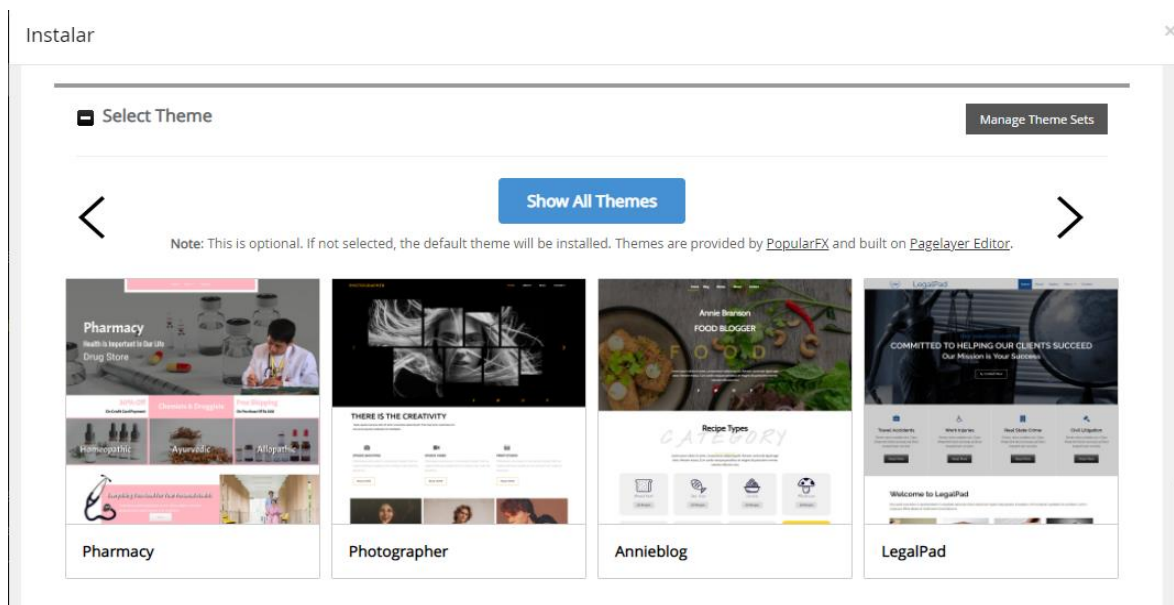
Figura 20. Instalación de Wordpress

The image shows the 'Instalar' (Install) window for WordPress in cPanel. It has a tabbed interface with 'Instalar' selected. Below the tabs is a 'Formulario de Instalación' (Installation Form) with a 'Quick Install' button. The form includes: 'Seleccione la versión que desea instalar' (Select the version you want to install) with a dropdown menu set to '5.7.2'; 'Choose Installation URL' with a dropdown for 'https://', a text input for 'andipave.com', and a dropdown for the directory; 'Configuración del Sitio' (Site Configuration) with 'Nombre del Sitio' (Site Name) set to 'Análisis de Pavimentos' and 'Descripción del Sitio' (Site Description) set to 'Análisis de Pavimentos'.

Fuente: Autores

WordPress, se encuentra integrado con unas plantillas estandarizadas, que permiten ser personalizadas según la necesidad de la página web. En este paso, se realiza la selección del tema a utilizar.

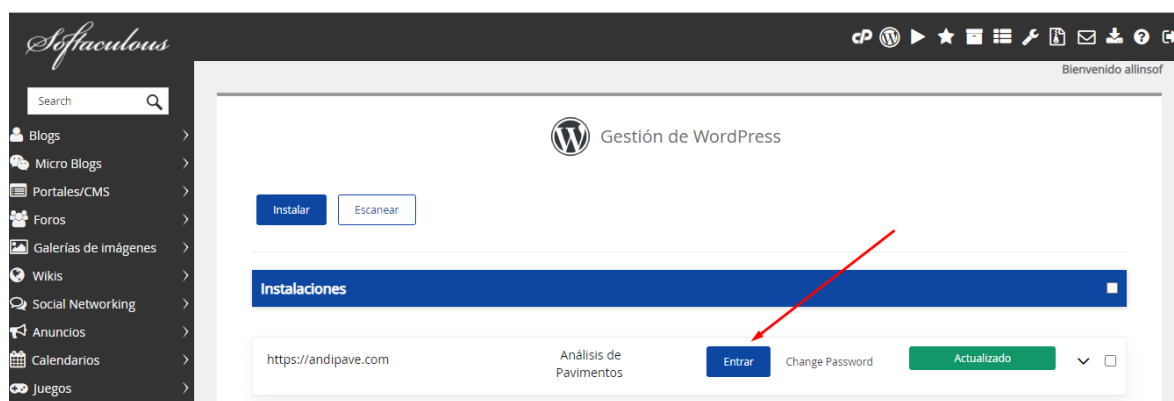
Figura 21. Selección de tema WordPress



Fuente: Autores

Una vez instalado WordPress, se procede a empezar la personalización y construcción del sitio web.

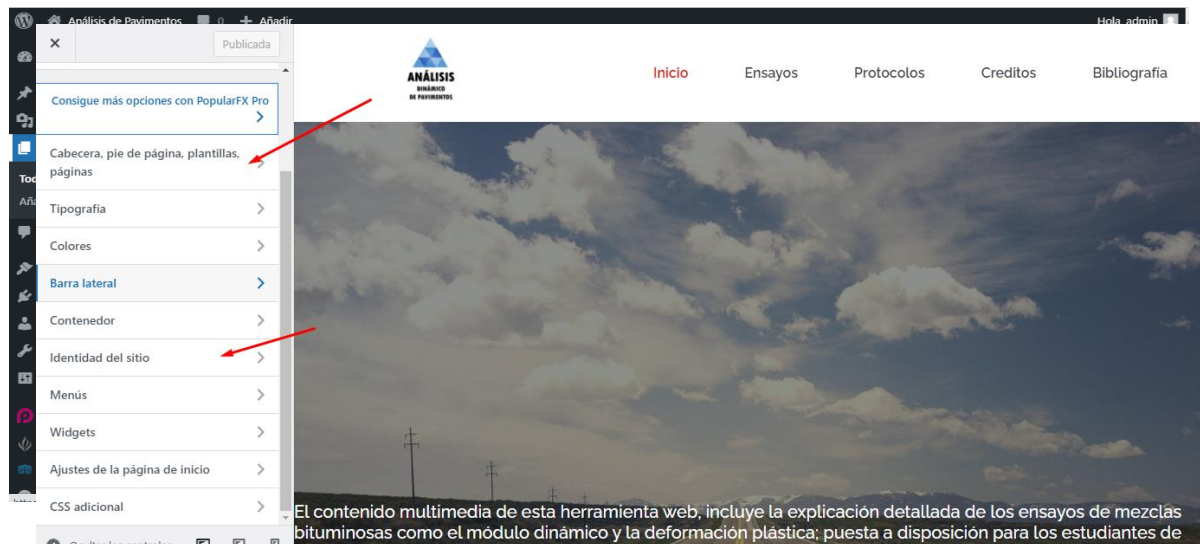
Figura 22. Gestión de WordPress



Fuente: Autores

En el panel de WordPress, en la opción del menú “Páginas” se añaden las páginas que va a contener la página web, (Bibliografía, ensayos, créditos)

Figura 23. Creación páginas Andipave.com



Fuente: Autores

En la opción del menú, en apariencia/personalizar, se procede a editar los datos de identidad del sitio, como: logo, menú y personalización de cabecera y pie de página.

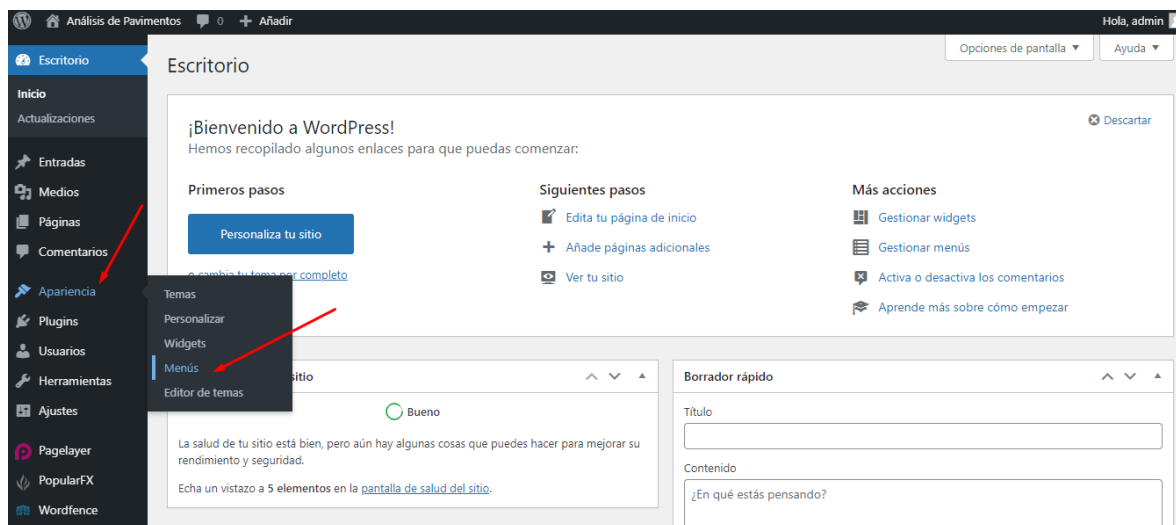
Figura 24. Menú apariencia / personalizar WordPress



Fuente: Autores

En la opción del menú “apariencia/menús”, se procede a editar el menú principal para organizarlo tal como se requiere.

Figura 25. Menú apariencia Wordpress



Fuente: Autores

Se realiza la edición de la página, en el panel de la izquierda se encuentran las opciones con las que se puede trabajar y a la derecha se presenta el resultado de lo que se está realizando

Figura 26. Edición de página web

Cálculos y Resultados

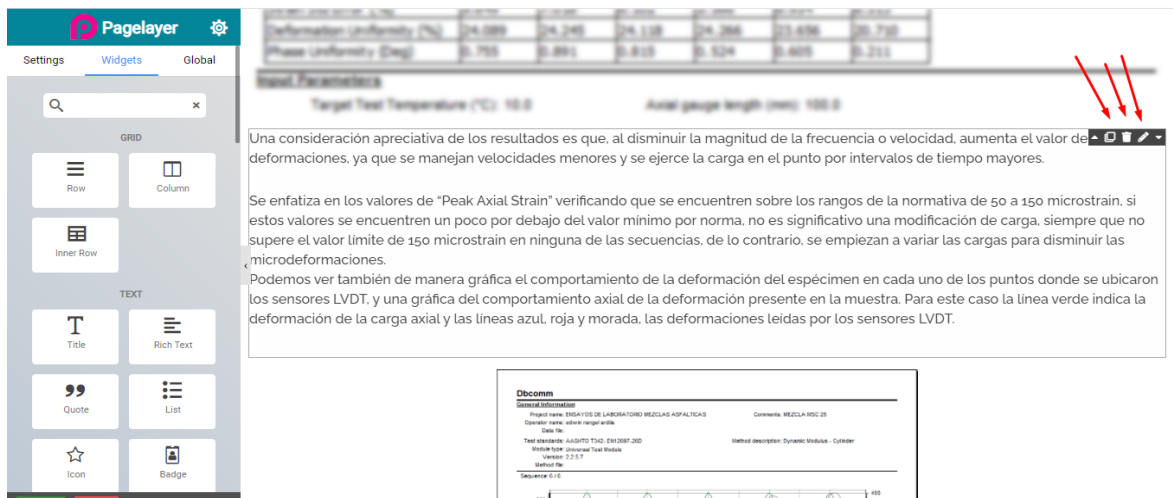
Terminadas las pruebas a las muestras, se obtienen los resultados dinámicos del software TestLab, generando un reporte, consignados de manera detallada para cada una de las secuencias de ensayo en un cuadro, del cual obtendremos el valor del módulo dinámico en MPa.

Test Data						
Test Date and Time: Sat, 19 2021, 2:51 PM						
Contact Stress (kPa): 34.4		Confining Pressure (kPa): 0.0		Temperature (°C): 9.91		
current LVDT1 (mm): -0.015		current LVDT2 (mm): -0.029		current LVDT3 (mm): -0.013		
Set	1	2	3	4	5	6
Frequency (Hz)	25.0	50.0	0.0	1.0	0.5	0.1
Test Cycles	200	200	100	20	15	15
Cyclic Modulus (MPa)	20233	17442	15664	11282	10233	7000
Phase Delay	13.99	14.85	15.66	18.39	19.80	23.91
Confining Pressure (kPa)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Temperature (°C)	10.3	10.2	10.1	10.1	10.0	9.9
Peak Stress (kPa)	205.71	342.40	399.48	376.40	393.73	393.61
Peak Axial Strain (µε)	13.12	19.63	22.95	31.95	37.50	36.23
Strain Std Error (%)	0.266	4.632	4.226	0.311	0.246	11.509
Strain Std Error (%)	0.499	27.038	6.302	0.566	0.904	6.513
Deformation Uniformity (%)	24.089	24.245	24.138	24.266	23.656	20.710
Phase Uniformity (Deg)	0.705	0.093	0.815	0.524	0.609	0.211
Overall Strain Uniformity						
Target Test Temperature (°C): 10.0			Axial gauge length (mm): 100.0			

Fuente: Autores

A la derecha se encuentra, opciones que permite editar el contenido (Ej: Duplicar, editar o eliminar).

Figura 27. Panel de edición opciones



Fuente: Autores

Según el tipo de elemento a la izquierda, se encuentran opciones personalizadas para poder trabajar con dicho ítem.

Figura 28. Diseño página web



Fuente: Autores

Para guardar los cambios debemos usar el botón UPDATE, vital para asegurar que los ajustes se publiquen en la página web.

Figura 29. Guardar cambios WordPress



Fuente: Autores

La página web diseñada, puede ser consultada a través del enlace www.andipave.com

7.2 Implementar modelos audiovisuales que faciliten la pedagogía de la guía dentro de la plataforma.

Se realizaron las siguientes piezas gráficas para facilitar la pedagogía de la guía dentro de la página web Andipave.

Figura 30. *Protocolo general de laboratorio*



Fuente: Autores

En la figura a continuación, se presenta la infografía realizada sobre el Ensayo de Rueda Cargada de Hamburgo y en Ensayo de Modulo Dinámico.

Figura 31. Ensayo Rueda Cargada de Hamburgo



MARLON FABIAN LEAL QUINTERO
CRISTIAN DANILU CAMARGO SUAREZ

ENSAYO RUEDA CARGADA DE HAMBURGO

IMPORTANCIA DEL USO:

Las deformaciones plásticas permanentes ocurren debido a una combinación del flujo del material y del daño en este material, representado por la deformación y prolongación de fisuras. La mezcla cuenta con la capacidad de resistir una variedad de deformaciones dependiendo de diversos factores como lo son: la volumetría de la mezcla asfáltica y la consistencia del ligante.

El ensayo de Rueda Cargada de Hamburgo es considerado uno de los ensayos más comerciales y de mejor aceptación dentro de los ensayos de simulación que existen actualmente, ya que puede alcanzar una validación correcta entre lo que sucede en el laboratorio e in situ. Esta normalizada bajo la Norma AASHTO T 324 -17, en esta norma no se indica una temperatura de prueba, se deja a criterio de los departamentos o instituciones de transporte seleccionar la temperatura de prueba que mejor refleje las condiciones de temperatura locales.

Cabe aclarar que en el país se tienen diferentes zonas climáticas y por esta razón se utilizan diferentes asfaltos, si se evalúa el desempeño de la mezcla asfáltica con una misma temperatura para diferentes condiciones climáticas a las que está sujeto el pavimento, probablemente no se está evaluando de manera adecuada el desempeño de la mezcla a la deformación permanente.

PROPÓSITO DEL ENSAYO:

El propósito de esta prueba es simular al máximo posible lo que ocurre en un pavimento cuando está en servicio. Se evalúa el desempeño de la mezcla asfáltica, registrando las deformaciones bajo condiciones de humedad, esfuerzos, temperatura y condiciones generales de los materiales.

Posteriormente se obtienen conclusiones analizando los resultados y haciendo un cuadro comparativo con la normativa vigente. En general, los ensayos de Rueda cargada de Hamburgo se utilizan para detectar mezclas asfálticas susceptibles a la deformación permanente o ahuellamiento y al daño por humedad.



DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO:

1. Ingresar la información del proyecto y los requisitos de configuración del ensayo.
2. Elegir la temperatura del ensayo apoyado en las especificaciones aplicable a las condiciones requeridas y del lugar donde se implementará la muestra. La temperatura mínima será de 25° C + 1° y máxima de 70° C + 1°, se recomienda elegir una temperatura de 50° C + 1°.
3. Seleccionar la profundidad esperada del ahuellamiento y si se debe dar por terminado el ensayo al llegar a esta profundidad apoyado en especificaciones aplicables a las condiciones requeridas.
4. Seleccionar el número de pasadas apoyado en especificaciones aplicables. Se recomienda programar el equipo con 20.000 pasadas.
5. Ingresar el tiempo de pre-acondicionamiento de la muestra del ensayo, según la Norma AASHTO T324 – 17 el tiempo es de 30 minutos.
6. Seleccionar si se debe medir la temperatura del método durante el ensayo.
7. Antes de iniciar el ensayo se deberá introducir una memoria Micro SD o una USB con el fin de guardar los resultados del ensayo al finalizar la prueba.

MÁS INFORMACIÓN EN WWW.ANDIPAVE.COM


REFERENCIAS:
Jaimes Muñoz, D. (2018). ELABORACIÓN DE UN MANUAL PARA EL USO DEL EQUIPO MULTI WHEELS HAMBURG WHEEL TRACKER B038A USADO PARA EL ENSAYO DE LA RUEDA DE HAMBURGO EN LA UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA SECCIONAL BUCARAMANGA. Bucaramanga, Santander, Colombia. Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga.

Fuente: Autores

Figura 32. Ensayo Módulo Dinámico

ENSAYO MÓDULO DINÁMICO

Un póster de investigación sobre el cambio climático



IMPORTANCIA:

El ensayo de módulo dinámico determina la rigidez que presenta una mezcla asfáltica por medio de cargas axiales, al ser dinámico me indica que es variable su comportamiento en diferentes climas, velocidades y propósito, ya sea para una vía de alto flujo vehicular, como para vías terciarias con bajas velocidades de tráfico.

Este ensayo tiene una gran importancia al momento de diseñar cualquier tipo de estructura de pavimento, ya que se asegura una menor probabilidad de que la estructura de pavimento presente fallas tempranas. Si estas fallas se presentan en cortos periodos de uso de un pavimento existente, se requiere extraer varios núcleos a lo largo del tramo vial para llevarlos a laboratorio, de tal forma que permita definir cuál de las especificaciones de diseño no cumple y está generando deterioros. El modulo nos brinda un mayor respaldo y seguridad sobre el comportamiento del asfalto, ya que se dispone de varios recursos para realizar una sobreestimación de rendimiento del mismo, que en general superan un 90% de exactitud.

PROCEDIMIENTO

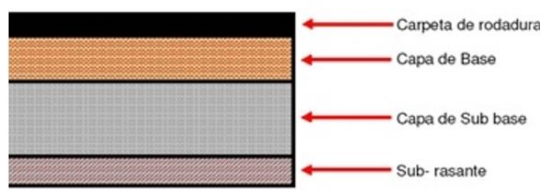
Luego de tener nuestro espécimen correctamente elaborado, este se ensaya en la maquina DTS-30, obteniendo la información necesaria para elaborar curvas maestras que permita analizar el desempeño y rendimientos de la misma. Se deben realizar pruebas con las siguientes temperaturas y frecuencias.

Previamente a la ejecución del ensayo se ubican los soportes de los 3 sensores LVDT en ángulos de 120 grados, que logre cubrir en distancias iguales al espécimen.

Una vez ubicados los LVDT en la muestra, se gradúa cada uno a el valor más aproximado a 0.000 mm, apoyado de manera visual por el software. La posición cero nos asegura que tendrá un mayor rango lineal para la acumulación de deformaciones permanentes por compresión.

Las pruebas deben ser realizadas en orden ascendente para cada una de las temperaturas dadas empezando con -10°C, combinadas con cada una de las frecuencias en orden descendente empezando con 25 Hz, para un total de 30 combinaciones por espécimen. En el equipo se ingresa el valor de la temperatura a ensayar y se programa previamente, para que realice las variaciones de frecuencias de forma automática al completar los ciclos.

Figura 1 Estructura de pavimento



Fuente: (Morales Rosales, 2007)

MÁS INFORMACIÓN EN WWW.ANDIPAVE.COM

REFERENCIAS:
 Higuera Sandoval, C. H., Naranjo Barrera, G. M., & Cetina Acuña, J. F. (2011). Determinación del modulo dinámico de una mezcla asfáltica por correlaciones. Revista Facultad de Ingeniería, UPTC, 20, 41-54.

Fuente: Autores

7.3 Realizar una prueba piloto para ajustes de la guía a los requerimientos de los cursos relacionados con módulos dinámicos y deformación plástica.

La prueba piloto, consistió en seleccionar un grupo de estudiantes de Ingeniería Civil de la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga, para que realizaran una navegación en la página web Andipave, una vez terminado este proceso de navegación, se aplicó una encuesta a los estudiantes seleccionados con la herramienta de Formulario de Google, para conocer su percepción en cuanto a la facilidad de acceso, diseño y utilidad de la información de la página web diseñada.

La prueba piloto fue socializada por medio virtual en los grupos de Ingeniería Civil de la UPB, administrados por la representante estudiantil Alejandra Diaz quien cuenta con 4 grupos de mensajería instantánea que albergan más de 200 estudiantes cada uno. Este medio nos proporcionó mayor cercanía con los estudiantes, ya que es una plataforma más recurrente que el correo electrónico.

Presentado el proyecto a la representante Alejandra Diaz, comienza la divulgación de las encuestas en cada uno de los grupos, como se observa a continuación:

Figura 33. Correo electrónico enviado a la representante estudiantil Alejandra Diaz

De: Marlon Fabian Leal Quintero <marlon.leal.2014@upb.edu.co>
Enviado: martes, 11 de mayo de 2021 5:38 p. m.
Para: Alejandra Diaz Garcia <alejandra.diaz.2017@upb.edu.co>
Cc: Cristian Danilo Camargo Suarez <cristian.camargo@upb.edu.co>
Asunto: Encuesta Tesis de Pregrado

Buenas tardes

Mi nombre es Marlon Leal estudiante de Ingeniería Civil, cursando décimo semestre de la Universidad Pontificia Bolivariana. Actualmente nos encontramos junto a mi compañero Cristian Camargo formulando la tesis titulada "Guía Práctica para el Análisis Dinámico de Pavimentos", la cual presenta una metodología que da a conocer a los estudiantes ensayos prácticos, que serán desarrollados en el laboratorio de pavimentos durante el pregrado de Ingeniería Civil. Una parte de nuestra investigación consiste en dar difusión a los estudiantes de la propuesta formulada, por lo cual me remito a usted como líder estudiantil para solicitarle apoyo de difusión en este tema, con los estudiantes de la facultad. Este es el mensaje que se quisiera dar a conocer en los medios de comunicación y de divulgación:

Es una encuesta con fines educativos para estudiantes de la facultad de Ingeniería Civil, en la cual queremos saber su apreciación de la página web <https://andipave.com/> creada con contenido útil para la asignatura de pavimentos, proyecto que esperamos se le pueda dar continuidad en el centro de estudios de la UPB.

Análisis de Pavimentos – Análisis Dinámico de Pavimentos

El contenido multimedia de esta herramienta web, incluye la explicación detallada de los ensayos de mezclas bituminosas como el módulo dinámico y la deformación plástica; puesta a disposición para los estudiantes de dicha asignatura.

andipave.com

Esperamos su total seriedad y sinceridad en las respuestas durante el proceso, ya que nos ayudaría a mejorar.

Enlace de la encuesta: <https://forms.gle/KFj91HNCf68dq1T47>

Valoración de la página web Andipave.com

Evaluando su experiencia al utilizar los servicios de nuestra página web, califique en una escala de 1 a 5, siendo:

- 5 - Totalmente de acuerdo
- 4 - Algo de acuerdo
- 3 - Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- 2 - Algo en desacuerdo
- 1 - Totalmente en desacuerdo

forms.gle

Quedo atento a comentarios

Cordialmente

Fuente: Autores

Figura 34. Respuesta por parte de la representante estudiantil Alejandra Diaz

6/6/2021 Correo: Cristian Danilo Camargo Suarez - Outlook

RE: Encuesta Tesis de Pregrado

Alejandra Diaz Garcia <alejandra.diaz.2017@upb.edu.co>
 Mar 11/05/2021 22:36

Para: Marlon Fabian Leal Quintero <marlon.leal.2014@upb.edu.co>
 CC: Cristian Danilo Camargo Suarez <cristian.camargo@upb.edu.co>

Buenas noches

Claro que sí, con mucho gusto se hará la difusión por los cuatro grupos de whatsapp que administro actualmente donde se encuentran estudiantes desde primer al último semestre de la facultad de Ingeniería Civil.

Alejandra Díaz García
 000346773
 Representante Estudiantil 2021

Fuente: Autores

Una vez diligenciadas las encuestas por los estudiantes que integran los grupos de mensajería instantánea administrados por la representante Alejandra Diaz, se alcanza el tamaño de muestra para proceder al análisis de los datos obtenidos.

Figura 35. Respuestas obtenidas de la encuesta de Andipave

The screenshot shows a web browser interface for a survey titled 'Valoración de la pagina web Andipave.com'. The survey is in the 'Respuestas' (Responses) tab, which shows a total of 63 responses. The 'Se aceptan respuestas' (Accept responses) toggle is turned on. Below the summary, there is a list of responses under the heading 'Nombre y Apellido' (Name and Surname). The visible responses are:

- Robert Martínez
- Daniel sepulveda
- Sebastián Duarte
- Elsa Manuela Vargas Hernández
- Javier plata

Fuente: Autores

Tabla 6. *Nombres de las personas encuestadas.*

Alejandra Cáceres Castilla	Alejandra Gutiérrez Ortiz
Alejandra Torres Ardila	Alejandro Núñez Vargas
Ana Caicedo	Andrea Juliana Arciniegas Arias
Andrea Sarmiento	Andrés Felipe Diaz
Andrés Tarazona Gamboa	Brayan Alexis García Riapira
Camila Meléndez	Cielo María Delgado Muñoz
Cristian Leonardo Reyes Moreno	Daniel Sepúlveda
Diego Alejandro Moreno Bautista	Edgar Mauricio Rodríguez Cortes
Elsa Manuela Vargas Hernández	Erick Rodríguez
Eyleen Yesenia Jaimes Cáceres	Fabian palomino
German Guiza	Henry Martínez
Jairo Alberto Vásquez Lizarazo	Javier plata
Jennifer Valcárcel	Jhon Sebastián Fletcher Torres
Juan Carlos Peña	Juan Nicolas Zuluaga Jauregui
Juan Pablo Chaves Santos	Juan Sebastian Pulgar
Julián Mauricio Reyes Torres	Jurany Bianeth Hernández López
Leonardo Villabona Bautista	Luis Felipe Machado Herrera
Luis Miguel Gómez	María José Castillo
María Rojas	Michael Andrés Castillo Ortiz
Miguel Fabián niño jaimes	Nicolas Ignacio Diaz Cuellar
Nohemy Flórez Chacón	Oscar Alfredo Portilla Calderón

Paula Farfán	Paula Velasco
Ricardo Ortiz Gomez	Robert Martínez
Sebastián Duarte	Sergio Augusto Cáceres Gutiérrez
Silvia Alejandra Gutiérrez Ortiz	Sofia Santamaria Medina
Steven Gamboa Quiroga	Valeria Rodríguez
Wilson Andrés Moreno Velandia	Wilson Corzo

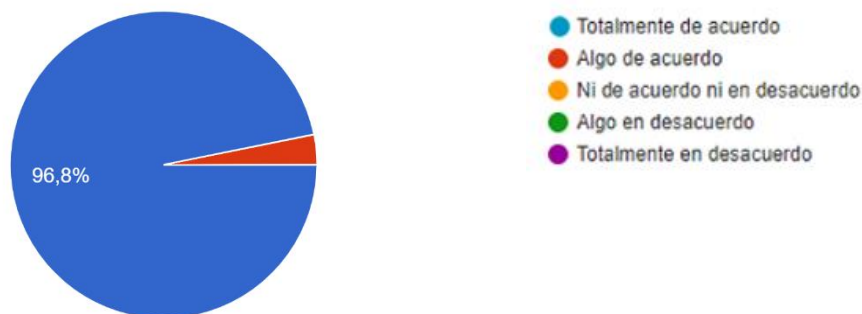
Fuente: Autores

En las gráficas a continuación se presenta la información recopilada:

Gráfica 1. Pregunta 1

¿El acceso a la pagina web Andipave resulto fácil?.

63 respuestas



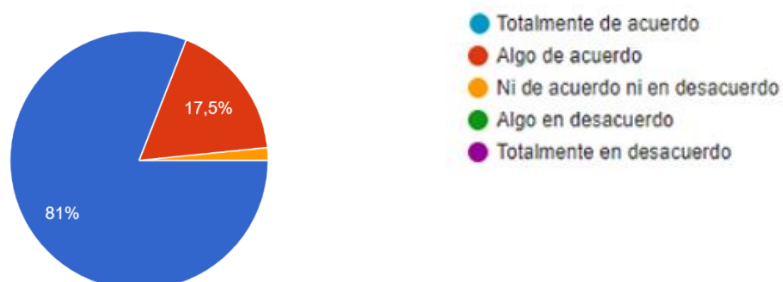
Fuente: Autores

La primera pregunta corresponde a la facilidad de acceso a la página web Andipave, de las personas que realizaron la encuesta el 96,5% de esta población coincidió en que el acceso a Andipave resultó fácil.; el 3,2% está algo de acuerdo con la facilidad de acceso encontrando problemas al acceder.

Gráfica 2. Pregunta 2

¿El diseño de la pagina web Andipave es cómoda y atractiva como para querer permanecer en ella?.

63 respuestas



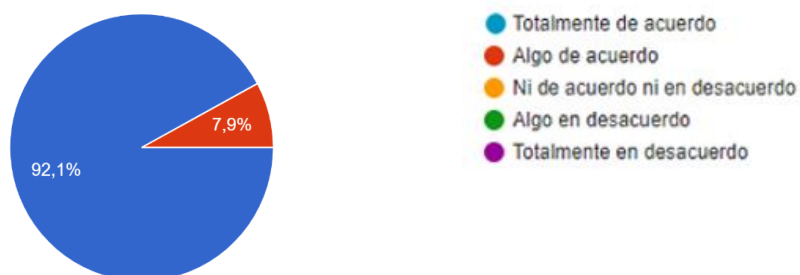
Fuente: Autores

En esta pregunta, el 81% de las personas encuestadas, respondió que el diseño de la página web Andipave es cómodo y atractivo como para querer permanecer en ella; el 17,5% respondió que estaba algo de acuerdo encontrando algunos detalles por mejorar en la página web; el 1,6% respondió que no estaba en acuerdo ni en desacuerdo con el diseño encontrado en la página web.

Gráfica 3. Pregunta 3

¿La exploración del contenido de la pagina y el acceso a los menús ocurren de manera ágil y rápida?.

63 respuestas



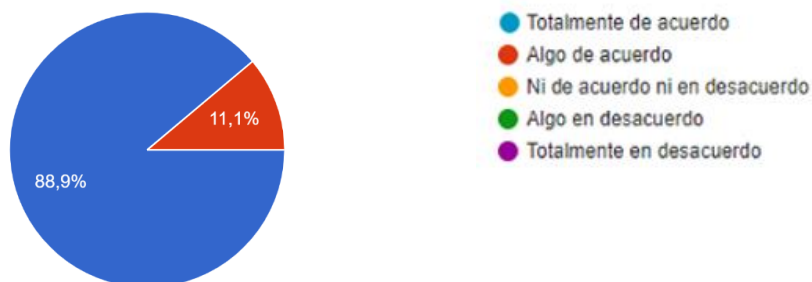
Fuente: Autores

El 92,1% de las personas encuestadas, respondió que la exploración del contenido de la página y el acceso a los menús ocurren de manera ágil y rápida y el 7,9% contestó que estaba algo de acuerdo con esta afirmación.

Gráfica 4. Pregunta 4

¿La información publicada en la pagina web Andipave, fue la esperada y cumplió con sus expectativas?.

63 respuestas



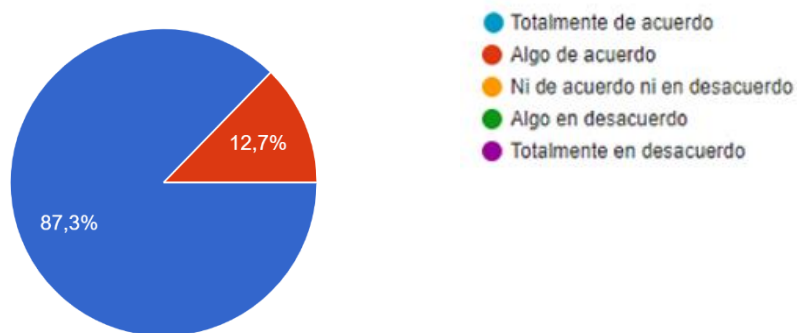
Fuente: Autores

El 88,9% de los estudiantes encuestados, respondió que la información publicada en la página web Andipave, fue la esperada y cumplió con sus expectativas; el 11,1% indica que esta algo de acuerdo, encontrando algunas oportunidades de mejora en la página.

Gráfica 5. Pregunta 5

¿El material grafico y audiovisual fue de ayuda para el entendimiento de los temas abordados en la pagina web Andipave?.

63 respuestas



Fuente: Autores

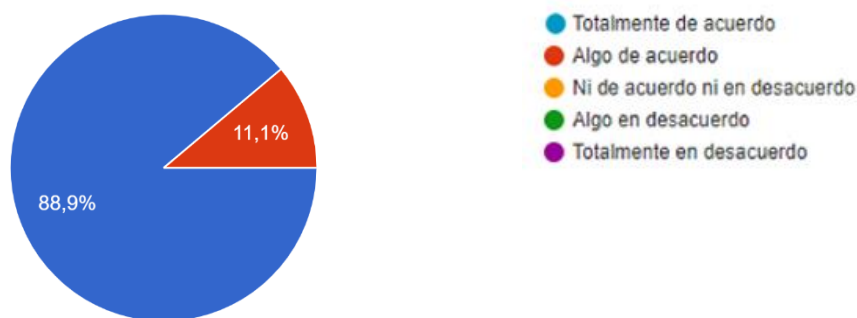
El 87,3% de los estudiantes encuestados, contestó que el material gráfico y audiovisual fue de ayuda para el entendimiento de los temas abordados en la página web Andipave; el 12,7%

indicó que esta algo de acuerdo con esta afirmación.

Gráfica 6. Pregunta 6

¿Recomendaría la pagina web Andipave a otra persona, la cual pueda interesarle la información contenida?.

63 respuestas



Fuente: Autores

El 88,9% de los estudiantes encuestados, contestó que recomendaría la página web Andipave a otra persona la cual pueda interesarle la información contenida; por lo que se puede apreciar que la página web presenta aceptación entre los estudiantes de la facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga, aunque un 11,1% está de acuerdo, pero encuentra algunas falencias.

Entre las opiniones de los estudiantes de la Facultad de Ingeniería Civil Seccional Bucaramanga, para mejorar la página web Andipave, se incluye:

- Implementar ensayos antecesores para abarcar un mayor conocimiento
- Invocaciones, nuevas tecnologías y nuevas herramientas de trabajo
- Incluir contenido relacionado a otras asignaturas
- Abrir un espacio de preguntas y respuestas

8. CONCLUSIONES

Se seleccionó la herramienta de página web para realizar el desarrollo de la guía relacionada con módulos dinámicos y deformación plástica.

Para facilitar la pedagogía de la guía dentro de la página web Andipave, se realizó uso de material audiovisual como: Videos, infografías, tablas, gráficas, e infografías que facilitan la lectura y el aprendizaje de la guía de módulos dinámicos y deformación plástica.

Una vez realizada la prueba piloto, se concluye que la página web tiene aceptación entre los estudiantes de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga; sin embargo, existen oportunidades de mejora como: Implementar ensayos antecesores para abarcar un mayor conocimiento, incluir contenido relacionado a otras asignaturas y abrir espacio de preguntas y respuestas.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

American Association of State Highway and Transportation Officials. (2017). *Hamburg Wheel – Track Testing of Compacted Hot Mix Asphalt (HMA), AASHTO Designation: T 324 – 17*. Washington, D.C., USA.

American Association of State Highway and Transportation Officials. (2015). *Determining Dynamic Modulus of Hot Mix Asphalt (HMA), AASHTO Designation: T 342 – 11*. Washington, D.C., USA.

Angarita Becerra, V. J., & O´meara Vergel, C. A. (2016). *Elaboración de un manual práctico para la realización de los ensayos de laboratorio de pavimentos de la universidad Francisco de Paula Santander Ocaña*. Ocaña: Universidad Francisco de Paula Santander.

Bernal Ardila, D. F., Gomez Hernandez, E. F., & Cespedes Perafan, Y. T. (2017). *Estudio del Estado Patologico de la Malla vial del Municipio de Villavicencio, Comuna 6*. Villavicencio: Universidad Cooperativa de Colombia.

BERNAL, T. C. Método y Metodología en la investigación científica. CA Bernal Torres, Metodología de la Investigación: Administración, Economía, Humanidades y Ciencias Sociales, 2010.

- Corona, C. (2017). *Determinación de Modulo de Rigidez y Caracterización de Modulo Dinámico de Mezcla Superpave*. Valparaíso, Chile. Universidad Técnica Federico Santa María.
- Delbono, H. L., & Rebollo, O. R. (2017). *AHUELLAMIENTO EN PAVIMENTOS ASFÁLTICOS UTILIZANDO GEOSINTÉTICOS*. Argentina: Universidad Tecnológica Nacional.
- Fernandez Ordoñez, H. (1985). Conferencias de Pavimentos. *Universidad del Cauca, ed.*, 2-3.
- Flores, Mayra. (2018). *Evaluación del Desempeño de Mezclas con la Rueda cargada de Hamburgo*. Publicación Técnica No.568. SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES ISNTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE. Consultado el 12 de mayo de 2021, de *Evaluación del Desempeño de Mezclas con la Rueda cargada de Hamburgo*: <https://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt568.pdf>.
- Herrera, Carlos. (2016). *ELABORACIÓN DE UN MANUAL DE USO PARA EL EQUIPO MARCO DE CARGA DINÁMICO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES DTS-30 DE LA UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA SECCIONAL BUCARAMANGA*. Bucaramanga, Santander, Colombia. Universidad Pontifica Bolivariana Seccional Bucaramanga.
- Higuera Sandoval, C. H., Naranjo Barrera, G. M., & Cetina Acuña, J. F. (2011). Determinacion del modulo dinamico de una mezcla asfáltica por correlaciones. *Revista Facultad de Ingenieria, UPTC*, 20, 41-54.

Hormigón, A. d. (s.f.). *Paquete estructural. Instalacion de adoquines*. Obtenido de <http://www.adoquinesdehormigon.com.ar/>.

INVIAS. (2006). *Estudio e Investigación del estado de las obras de la red nacional de carreteras - Manual para la inspeccion visual de pavimentos flexibles*. Colombia: Instituto Nacional de Vias (INVIAS) y Unversidad Nacional de Colombia.

INVIAS. (2007). *MÓDULO DINÁMICO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS INV E – 754 – 07*. Consultado el 10 de marzo de 2021, de ENSAYO DE MÓDULO DINÁMICO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS INV E – 754 – 07: ftp://ftp.unicauca.edu.co/Facultades/FIC/IngCivil/Especificaciones_Normas_INV-07/Normas/Norma%20INV%20E-754-07.pdf.

INVIAS. (2013). *DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE DETERIORO SUPERFICIAL DE UN PAVIMENTO ASFÁLTICO MEDIANTE EL MÉTODO VIZIR INV E – 813 – 13*.

Jaimes Muñoz, D. (2018). *ELABORACIÓN DE UN MANUAL PARA EL USO DEL EQUIPO MULTI WHEELS HAMBURG WHEEL TRACKER B038A USADO PARA EL ENSAYO DE LA RUEDA DE HAMBURGO EN LA UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA SECCIONAL BUCARAMANGA*. Bucaramanga, Santander, Colombia. Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga.

Jaimés Muñoz, D. (2018). Uso del equipo Multiwheels Hamburg Wheel Tracker B038A [Archivo de Video]

Leiva, F. (2004). *MODULO DINAMICO DE MEZCLAS ASFALTICAS*.
<https://www.lanamme.ucr.ac.cr/repositorio/bitstream/handle/50625112500/425/MODULO_DINAMICO_MEZCLAS_ASFALTICAS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>:
Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales.

MATEST. (2021). *MATEST*. Consultado el 27 de abril del 2021, de MATEST:
<https://www.matest.com/en/product/b038a-smartrackert-multi-wheels-hamburg-wheel-tracker>.

MUENCH, S., MAHONEY, J., & PIERCE, L. (2010). *WAPA Asphalt Pavement Guide*. WAPA,
<<http://www.asphaltwa.com/pavement-structure/>>.

Padilla Rodríguez, A. (2004). *Análisis de la resistencia a las deformaciones plásticas de mezclas bituminosas densas de la normativa mexicana mediante el ensayo de pista*. Barcelona: Universidad Politécnica de Cataluña. Recuperado el 27 de Marzo de 2021.

PAVETEST. (2021). *PAVETEST*. Consultado el 5 de abril de 2021, de PAVETEST:
<http://www.pavetest.com/>

Salkind, N. (1998). *Método de investigación*. México: Prentice-Hall.

Sánchez Castillo, X. A. (2004). *Diseño de pavimentos articulados para tráfico medio y alto*. Bogotá. Obtenido de Adoquines de Hormigón : <http://www.adoquinesdehormigon.com.ar/>

Torres, R., & Hernandez, H., & Romero, F., & Torres, V.,. (2016). *Prueba de desempeño en diferentes Mezclas Asfálticas*. Consultado 10 de mayo de 2021. <http://entretextos.leon.uia.mx/num/24/PDF/ENT24-9.pdf>

Wang, W.-H., & Huang, C.-W. (2020). Establishing Indicators and an Analytic Method for Moisture Susceptibility and Rutting Resistance Evaluation Using a Hamburg Wheel Tracking Test. *Materials (1996-1944)*, 13(15), 3269. <https://doi-org.consultaremota.upb.edu.co:8443/10.3390/ma13153269>.

10. Anexo A página web creada

Link: www.andipave.com