

	<b>UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA</b>			
	Documento	Código	Fecha	Revisión
<b>FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO</b>	<b>F-AC-DBL-007</b>	<b>10-04-2012</b>	<b>A</b>	
Dependencia	Aprobado		Pág.	
<b>DIVISIÓN DE BIBLIOTECA</b>	<b>SUBDIRECTOR ACADEMICO</b>		<b>1(26)</b>	

## RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

AUTORES	<b>VILMA JULIANA AGARITA BECERRA CARLOS ANDRES O'MEARA VERGEL</b>
FACULTAD	<b>FACULTAD DE INGENIERIAS</b>
PLAN DE ESTUDIOS	<b>INGENIERIA CIVIL</b>
DIRECTOR	<b>LEIDY JOHANA QUINTERO LEMUS</b>
TÍTULO DE LA TESIS	<b>ELABORACION DE UN MANUAL PRÁCTICO PARA LA REALIZACION DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO DE PAVIMENTOS DE LA UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA</b>

### RESUMEN (70 palabras aproximadamente)

ESTE TRABAJO SE ENCUENTRA ORIENTADO A LA REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO QUE CORRESPONDEN A LA ASIGNATURA DE PAVIMENTOS, QUE PERMITIRÁN ELABORAR UN MANUAL PRACTICO EN EL CUAL SE DESCRIBE DE MANERA DIDÁCTICA SENCILLA Y CLARA LOS CONCEPTOS, PROCEDIMIENTOS, CALCULO Y ANÁLISIS DE CADA UNA DE LAS PRACTICAS DE LABORATORIO. CON ESTE MANUAL PRÁCTICO SE BUSCA RELEVAR LAS DEFICIENCIAS QUE HAN AFECTADO A LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL DE LA UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA.

### CARACTERÍSTICAS

PÁGINAS: 26	PLANOS:	ILUSTRACIONES:	CD-ROM:1
-------------	---------	----------------	----------



**ELABORACION DE UN MANUAL PRÁCTICO PARA LA REALIZACION DE  
LOS ENSAYOS DE LABORATORIO DE PAVIMENTOS DE LA UNIVERSIDAD  
FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA**

**VILMA JULIANA ANGARITA BECERRA  
CARLOS ANDRES O'MEARA VERGEL**

**UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA  
FACULTAD DE INGENIERIAS  
INGENIERIA CIVIL  
2016**

**ELABORACION DE UN MANUAL PRÁCTICO PARA LA REALIZACION DE  
LOS ENSAYOS DE LABORATORIO DE PAVIMENTOS DE LA UNIVERSIDAD  
FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA**

**Trabajo de grado presentado para optar por el título de Ingeniero Civil**

**VILMA JULIANA ANGARITA BECERRA  
CARLOS ANDRES O'MEARA VERGEL**

**DIRECTORA  
LEIDY JOHANA QUINTERO LEMUS  
Ingeniero Civil**

**UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA  
FACULTAD DE INGENIERIAS  
INGENIERIA CIVIL  
2016**

## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	9
<b>1. ELABORACION DE UN MANUAL PRÁCTICO PARA LA REALIZACION DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO DE PAVIMENTOS DE LA UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA .....</b>	<b>10</b>
<b>1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>10</b>
<b>1.3. FORMULACION DEL PROBLEMA .....</b>	<b>10</b>
<b>1.4. OBJETIVOS.....</b>	<b>11</b>
<b>1.4.1 Objetivo general.. .....</b>	<b>11</b>
<b>1.4.2. Objetivos específicos.. .....</b>	<b>11</b>
<b>1.5. JUSTIFICACION .....</b>	<b>11</b>
<b>1.6. DELIMITACIONES.....</b>	<b>12</b>
<b>1.6.1. Delimitación Geográfica.. .....</b>	<b>12</b>
<b>1.6.2. Delimitación Temporal.. .....</b>	<b>12</b>
<b>1.6.3. Delimitación Conceptual .....</b>	<b>12</b>
<b>2. MARCO REFERENCIAL .....</b>	<b>13</b>
<b>2.1. MARCO HISTORICO .....</b>	<b>13</b>
<b>2.2 MARCO CONCEPTUAL .....</b>	<b>14</b>
<b>2.2.1. Conceptos Y Generalidades .....</b>	<b>15</b>
<b>2.3 MARCO TEORICO .....</b>	<b>17</b>
<b>2.4 MARCO LEGAL .....</b>	<b>18</b>
<b>2.4.1. NORMAS I.N.V.E.....</b>	<b>18</b>
<b>3. DISEÑO METODOLOGICO.....</b>	<b>19</b>
<b>3.1 TIPO DE INVESTIGACION.....</b>	<b>19</b>
<b>3.2 METODOLOGIA .....</b>	<b>19</b>
<b>3.3. POBLACION Y MUESTRA.....</b>	<b>20</b>
<b>3.4 TECNICAS DE RECOLECCION DE INFORMACION.....</b>	<b>20</b>
<b>4. RESULTADOS.....</b>	<b>21</b>
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>22</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>23</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>24</b>
<b>ANEXOS. ....</b>	<b>25</b>

**LISTA DE GRAFICAS**

Grafica 1. Diseño del Manual ..... 19

## **LISTA DE ANEXOS**

Anexo A. Manual de Ensayos .....	26
Anexo B. Formatos para recopilación de información .....	26

## **INTRODUCCIÓN**

El presente trabajo de grado principalmente se encuentra orientado a la realización de los ensayos de laboratorio que corresponden a la asignatura de Pavimentos, se busca la elaboración de un manual práctico en el cual se describe de manera didáctica, sencilla y clara los conceptos, procedimientos, cálculo y análisis de cada una de las prácticas de laboratorio.

Para poder desarrollar este proyecto ha sido necesario compilar toda la información suministrada por las normas técnicas colombiana (NTC), normas internacionales ASTM y AASHTO y las Normas del Instituto Nacional de Vías I.N.V.E, que garantizan la veracidad y confiabilidad de la información del documento ya que son la base de este trabajo.

Con este manual práctico se busca relevar las deficiencias que han afectado a los estudiantes de la facultad de ingeniería civil de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña en cuanto a la realización y desarrollo de las prácticas de laboratorio; con esta propuesta se quiere brindar un documento de consulta de fácil entendimiento para este proceso, lo cual anteriormente no habría sido posible ya que los manuales que existen en la descripción de los procedimientos y demás son muy complejos y presentan muy poca información imposibilitando su interpretación.

# **1. ELABORACION DE UN MANUAL PRÁCTICO PARA LA REALIZACION DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO DE PAVIMENTOS DE LA UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA**

## **1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Los pavimentos son la superestructura de las vialidades, están constituidos por un conjunto de capas de diferentes espesores de suelos, con características diversas, tratados, ya sea mecánicamente mediante procesos de compactación o con algún aglutinante o agente estabilizador, relativamente horizontales, apoyadas sobre la capa subrasante que tiene diferentes funciones, tales como, proporcionar al tránsito de vehículos una superficie de rodamiento cómoda, segura uniforme y permanente, resistiendo los esfuerzos generados por el tránsito de vehículos y difundiéndolos a las subcapas; de igual manera debe resistir la agresión del medio ambiente como la acción del agua y las temperaturas extremas; para el cual es necesario realizar una serie de ensayos donde se permite obtener los resultados para lograr un pavimento que cumpla estas características.

En el proceso de aprendizaje los estudiantes de ingeniería civil deben llevar muchos de los conceptos expuestos en la teoría a la experimentación y observación directa del comportamiento de los suelos y los pavimentos; ya que la adecuada combinación entre lo teórico y lo práctico, permite visualizar los procesos referidos.

En Colombia diferentes universidades e instituciones gubernamentales han desarrollado manuales enfocados a pavimentos facilitando la elaboración de los ensayos de laboratorio y junto con ello el aprendizaje de los estudiantes.

La incorrecta ejecución, el retraso en la realización de las pruebas, obtención de resultados erróneos, cancelación de la asignatura y atraso en la carrera son consecuencias que se presentan debido a que el plan de estudio de ingeniería civil de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña no cuenta con un documento de consulta claro que resuma de manera clara y concisa aquellos laboratorios que se ejecutan en los cursos referenciados a pavimentos.

Partiendo de los inconvenientes presentados por la carencia de un manual práctico que afecta a los estudiantes de ingeniería civil de nuestra universidad, se busca dar una pronta solución a la problemática con el presente trabajo

## **1.3. FORMULACION DEL PROBLEMA**

¿Cómo darle una adecuada y satisfactoria solución a la interpretación inadecuada y aplicación de aquellas normas que rigen los ensayos de laboratorio en los pavimentos?



## **1.4. OBJETIVOS**

**1.4.1 Objetivo general.** Establecer un manual practico para la realización de los ensayos de laboratorio de pavimentos de la universidad francisco de paula Santander Ocaña.

**1.4.2. Objetivos específicos.** Plantear el marco conceptual de cada laboratorio a desarrollar en el manual práctico.

Realizar los ensayos de laboratorio que corresponden a la asignatura de pavimentos.

Plasmear procedimientos adecuados y detallados para la realización eficaz de los ensayos.

## **1.5. JUSTIFICACION**

El planteamiento de ejecutar un manual practico para la realización de los ensayos de laboratorio pavimentos, busca reunir la información necesaria para el buen desarrollo de un manual que abarque el procedimiento para la realización de los principales ensayos realizados en los pavimentos según la asignatura pavimentos del programa de ingeniería civil, tomando como punto de partida las normas establecidas por el reglamento ASTM, AASHTO e INVIAS, planteando así, una manera sencilla de realizar los estudios de laboratorio, y de entender los conceptos asociados y su aplicabilidad.

Se puede decir que, con la creación de este manual quedarían suplidas algunas de las necesidades que surgen en la realización de los ensayos de laboratorio, ya que los manuales que existen son muy generales en la descripción del desarrollo de los ensayos y presentan poca o nula información grafica de ola preparación de las muestras a ensayar y el montaje del ensayo.

Con esta propuesta se quiere suministrar a los estudiantes y profesores de la facultad un documento el cual les permita desarrollar sin dificultad los procedimientos de los ensayos de laboratorio, además de crear una herramienta didáctica haciendo una buena redacción de cada paso a seguir para ensayar la muestra acompañado de los respectivos registros fotográficos, marco teórico de cada una de las pruebas.

El cuidado en la manipulación de las muestras y el manejo de los equipos es fundamental en los resultados obtenidos, se debe disponer material en cantidad suficiente y condiciones alteradas para realizar sus propiedades índices y físicas y realizar sin inconvenientes las pruebas pertinentes.

La problemática a tratar con esta propuesta se vería afectada si no se gestionan y no se consiguen los recursos necesarios para poder proceder y conseguir los demás implementos que se necesiten y con los cuales no cuenta el plan de estudio de ingeniería civil.

## **1.6. DELIMITACIONES**

**1.6.1. Delimitación Geográfica.** El proyecto a realizar será implementado en la universidad Francisco de Paula Santander Ocaña y otras universidades que requieran el uso de este material pedagógico.

**1.6.2. Delimitación Temporal.** Dicho proyecto se desarrollara durante un periodo de tres (4) meses, el cual, es el tiempo necesario para realizar las actividades mencionadas.

**1.6.3. Delimitación Conceptual.** En el manual practico a desarrollar se emplearan los conceptos fundamentados en las diferentes pruebas de laboratorios, tales como: Equivalente de Arena, Peso unitario suelto, Peso unitario varillado, Abrasión, Proctor Modificado, CBR, Porcentaje de caras fracturadas, Porcentaje de partículas chatas y alargadas, Adherencia (entre mallas N°3/8" y 1/4"), Durabilidad.

## **2. MARCO REFERENCIAL**

### **2.1. MARCO HISTORICO**

Con el establecimiento de las primeras civilizaciones la humanidad se vio en la necesidad de establecer vías de comunicación para intercambiar entre regiones los productos necesarios para subsistir. Probablemente el primer invento que revolucionó los medios de transporte fue la rueda, con la cual se facilitó el traslado de bienes de mayor tamaño y volumen pero a la vez estableció la necesidad de contar con caminos con menores obstáculos y superficie uniforme y firme para hacer más eficientes los traslados

En siglos posteriores, tras la aparición de la rueda y a medida que se desarrollaban las grandes naciones, las necesidades militares primero y las comerciales después impulsaron la construcción de caminos carreteros. Aunque los caminos suelen estar diseñados principalmente para el paso de vehículos con ruedas, los Incas (quienes nunca llegaron a descubrir la rueda) construyeron una avanzada red de carreteras que atravesaba los Andes, partiendo desde la actual Ecuador y recorriendo 3.680 km. hacia el sur.

Sobre el tercer milenio a. de C., la vocación comercial de las civilizaciones de Egipto, Mesopotamia y del Valle del Indo generó la necesidad de desarrollar caminos, algunos de los cuales tenían una importancia similar a las actuales carreteras, como el construido en el Valle del Nilo por los egipcios, una verdadera carretera con pavimento artificial de 18 metros de anchura, utilizada para el transporte de los grandes bloques de piedra con que se construyeron las pirámides. Excavaciones arqueológicas indican el amplio uso del asfalto natural hacia el año 3.800 A. C. en Mesopotamia, valle del Indo y en Egipto. Los habitantes de estas regiones lo utilizaron para impermeabilizar estanques y depósitos de agua o como mortero para unir ladrillos o piedras.

En Creta en el Minoico Medio (2.300 – 1.700 a. de C.), en la vía que va desde las proximidades del mar hasta el palacio de Knossos, se utilizaron como pavimento grandes losas de piedra asentadas sobre capas de arcilla, piedra y yeso. Generalmente la piedra utilizada fue caliza por su abundancia en la zona.

En nuestro país los caminos prehispánicos no eran transitados por vehículos por lo que consistían en simples senderos de tierra compacta, llenos de piedras y limitados por la vegetación circundante, habiéndose ubicado pequeños segmentos de vías y calzadas bien conservados, sin embargo se han ubicado algunos segmentos de calzadas bien conservados, que llegan y salen de los principales sitios de las ciudades o municipios.

A la caída del Imperio Romano y su segregación en pequeñas naciones, desapareció parcialmente la comunicación entre los pueblos. En ese tiempo las órdenes religiosas son las que fomentan la comunicación a través de los caminos peregrinos en España, Francia, etc., encargándose los señores feudales de la conservación y mejora de los caminos en sus territorios. En la Edad Media aunque en menos escala era frecuente la pavimentación con losas de piedra y también el empleo de piedras de tamaño más reducido como superficie del tránsito de caballerías y ganado.

A finales del siglo XVIII se inicia una nueva visión tecnológica de los pavimentos urbanos por razones mejora del transporte. En ese tiempo la tipología de los pavimentos de piedra es muy variada. Algunos ejemplos son:

Pavimento de adoquín de 20 x 30 cm y de 18 ó 20 cm de espesor asentando sobre una capa de arena.

A mediados del siglo XVIII Pierre Merie Trésaguet inició en Francia la construcción de pavimentos formados por tres capas de piedra triturada a mano, las dos primeras con tamaño máximo de 7.6 cm y un espesor conjunto del orden de 20 cm, sobre de ellas se colocaba una tercera capa de 5 cm de espesor con tamaño máximo de 2.5 cm, estos caminos se construían con cunetas laterales y pendiente transversal para atender los problemas de drenaje. Este tipo de procedimiento fue replicado por Thomas Telford en Escocia a principios del siglo XIX. Posteriormente John McAdam introdujo su sistema de pavimentación (macadam) construido con capas de piedra de granulometría uniforme, con tamaño máximo y espesores similares a los empleados por Telford, aglutinando las partículas con ligantes aplicados por riego.

Con el siglo XX se inicia la nueva era de los pavimentos, el crecimiento de la población y la revolución industrial hicieron necesario el transporte de volúmenes cada vez mayores de mercancías y personas, con la aparición de los vehículos con motor de combustión interna las vías terrestres tuvieron que modificarse para proporcionar el servicio requerido por estos cambios, a pesar de que los concretos hidráulicos y los ligantes asfálticos habían sido utilizados de manera rudimentaria por mucho tiempo, con el desarrollo de la industria del petróleo, se comenzó a emplear cementos asfálticos para la fabricación de mezclas asfálticas, que en la actualidad son básicas para la pavimentación.

Asimismo en la segunda década del siglo XIX Vicat en su teoría de la hidraulicidad define que, calcinando una mezcla íntima de caliza y arcilla molidas conjuntamente en húmedo, se obtiene una cal hidráulica. Los estudios de Vicat y las sucesivas modificaciones posteriores que se realizaron, sirvieron de base para la fabricación del cemento Pórtland, el cual propulsó el desarrollo de los concretos hidráulicos, actualmente indispensables en la construcción de infraestructura.

## **2.2 MARCO CONCEPTUAL**

Es indispensable conocer algunos términos y conceptos importantes, que harán comprender por qué se hace necesario implementar un proceso y una metodología orientada a controlar y verificar la calidad, en cada una de las fases del Mantenimiento con Mezclas Asfálticas en Caliente y en todo trabajo de la construcción, en el que se busque obtener un producto de calidad.

Es de nuestro interés utilizar definiciones puntuales y hasta cierto punto: simples, para no perder de vista los objetivos planteados en el presente documento.

Los pavimentos pueden clasificarse en rígidos o flexibles. Generalmente el diseñador se decide por implementar el sistema Flexible debido a que presenta algunas ventajas sobre el sistema rígido como:

Bajo costo inicial

No requiere de juntas por lo que es más cómodo el tránsito por la carretera.

Puede ser reciclado, etc.

Por lo que es el más utilizado en nuestro medio y como se ha mencionado anteriormente, por la naturaleza misma de éste, siempre ha sido objeto de estudio las técnicas de mantenimiento para mejorar su estado físico, estructural y funcional a lo largo de toda su vida útil. [2]

### **2.2.1. Conceptos Y Generalidades**

#### **Pavimento**

Es la estructura generalmente integrada por la sub-base, base y carpeta de rodadura, construida sobre una terracería debidamente compactada, para poder soportar las cargas de tránsito de acuerdo al diseño, pero al mismo tiempo, deben resistir las abrasiones y los punzonamientos (esfuerzos cortantes) producidos por el paso de personas o vehículos, la caída de objetos y la compresión de los elementos que se apoyan en él.

#### **Pavimento Flexible**

Llamados así por que conceptualmente deben ser capaces de resistir un cierto grado de deformación elástica sin sufrir algún daño considerable o llegar a romperse; el cual tienen un revestimiento asfáltico sobre una capa base granular. La distribución de tensiones y deformaciones generadas en la estructura por las cargas de rueda del tráfico, se da de tal forma que las capas de revestimiento y base absorben las tensiones verticales de compresión del suelo de fundación por medio de la absorción de tensiones cizallantes. En este proceso ocurren tensiones de deformación y tracción en la fibra inferior del revestimiento asfáltico, que provocará su fisuración por fatiga por la repetición de las cargas de tráfico. Al mismo tiempo la repetición de las tensiones y deformaciones verticales de compresión que actúan en todas las capas del pavimento producirán la formación de hundimientos en la trilla de rueda, cuando el tráfico tiende a ser canalizado, y la ondulación longitudinal de la superficie cuando la heterogeneidad del pavimento fuera significativa.

#### **Estructura Básica del Pavimento**

El pavimento flexible estructuralmente está conformado por los siguientes elementos.

**Base:** Es una capa de material que puede ser granular la cual está conformada por piedra triturada y mezcla natural de agregado y suelo; también puede ser una base estabilizada la que está construida con cemento Portland, cal o materiales bituminosos. Estas deben tener la suficiente resistencia para recibir la carga de la superficie arriba de ella y transmitir a un nivel de esfuerzo adecuado a la capa siguiente, que puede ser una sub.-base o una sub-rasante.

Sub-base: Capa de material cuya función es transmitir los esfuerzos a la capa sub-rasante de manera adecuada y además constituir una transmisión entre los materiales de la sub-base y la sub-rasante, de tal modo que se evite la contaminación y la interpenetración de dichos materiales, disminuir efectos perjudiciales en el pavimento ocasionados por cambios volumétricos y rebote elástico del material de las terracerías o del terreno de cimentación, reducir el costo de pavimento ya que es una capa que por estar bajo la base queda sujeta a menores esfuerzos y requiere de especificaciones menos rígidas, las cuales pueden satisfacerse con materiales de menor costo generalmente encontrados en la zona.

Capa de rodadura: Es una capa o un conjunto de capas que se colocan sobre la base y esta constituida por material pétreo mezclado con algún producto asfáltico (cemento asfáltico, asfalto líquido, emulsión asfáltica).

La función principal de la carpeta, consiste en proporcionar al tránsito una superficie estable, uniforme, impermeable y de textura apropiada.

La carpeta asfáltica es la parte superior del pavimento flexible que proporciona la superficie de rodamiento, es elaborada con material pétreo seleccionado y un producto asfáltico dependiendo del tipo de camino que se va a construir, las principales características que debe cumplir el pétreo son las siguientes:

- a) Un diámetro menor de una pulgada y poseer espesores en grados sucesivos adecuados.
- b) Deberá tener cierta dureza para lo cual se le efectuarán los ensayos de Desgaste los Ángeles, intemperismo acelerado, densidad y durabilidad.
- c) La forma de la partícula deberá ser lo más cúbica posible, no debe usarse material en forma de laja o aguja pues se rompen con facilidad, alterando la granulometría y puede provocar fallas en la carpeta, se efectúan pruebas de equivalente de arena ya que los materiales finos en determinados porcentajes no resultan adecuados.
- d) La superficie de rodamiento debe tener capacidad para resistir el desgaste y los efectos abrasivos de los vehículos en movimiento y poseer suficiente estabilidad para evitar daños por la carga de tránsito.

Cuando la carpeta se construye con espesores mayores o iguales a 2.5 cm., se considera que contribuye al resto de capas a soportar las cargas y distribuir los esfuerzos.

Debido a que ésta es la parte que está mayormente expuesta al intemperismo y a la interacción directa con el tráfico, es la que se ve dañada más severamente y por lo que usualmente necesita con mayor frecuencia un cuidado especial y que generalmente cubren las distintas clases de mantenimiento.

**ABRACION:** Para determinar la resistencia al desgaste de los agregados se emplea el ensayo en la máquina de Los Ángeles, de acuerdo con la norma ASTM C-131. Este ensayo consiste básicamente en colocar el agregado dentro de un cilindro rotatorio con

una carga de bolas de acero por un periodo de tiempo especificado, después de lo cual se determina el porcentaje de desgaste sufrido. El agregado grueso ensayado a desgaste no deberá mostrar una pérdida mayor del 50 por ciento en peso.

**EQUIVALENTE DE ARENA:** El Equivalente de Arena es una prueba de laboratorio, que se realiza con el objeto de determinar qué porcentaje de una muestra se puede considerar como arena. De manera muy simple lo que se hace es separar por medio de una solución química las partículas finas o polvos de las arenas. Se considera que una arena tiene una excelente calidad si tiene un equivalente superior al 90%.

**PROCTOR MODIFICADO:** A través de él es posible determinar la compactación máxima de un terreno en relación con su grado de humedad, condición que optimiza el inicio de la obra con relación al costo y el desarrollo estructural e hidráulico. Existen dos tipos de ensayo Proctor normalizados; el "Ensayo Proctor Normal", y el "Ensayo Proctor Modificado". La diferencia entre ambos estriba en la distinta energía utilizada, debido al mayor peso del pisón y mayor altura de caída en el Proctor modificado; en el que se aplica mayor energía de compactación que en el estándar, siendo el que está más de acuerdo con las solicitaciones que las modernas estructuras imponen al suelo.

**CBR:** La finalidad de este ensayo, es determinar la capacidad de soporte (CBR) de suelos y agregados compactados en laboratorio, con una humedad óptima y niveles de compactación variables. Es un método desarrollado por la división de carreteras del Estado de California (EE.UU.) y sirve para evaluar la calidad relativa del suelo para sub-rasante, sub-base y base de pavimentos.

**PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS:** Este método describe la determinación del porcentaje, en peso, de una muestra de agregado grueso que presenta una, dos o más caras fracturadas. Cara Fracturada una cara angular, lisa o superficie fracturada de una partícula de agregado formada por trituración, otros medios artificiales o por la naturaleza.

## 2.3 MARCO TEORICO

Proyectar un pavimento significa determinar la combinación de materiales, espesores y posiciones de las capas constituyentes que sea más económica, de entre todas las alternativas viables que satisfagan los requisitos funcionales requeridos. Se trata de una actividad que incluye todos los pasos usuales de un proyecto de cualquier tipo de estructura, donde el producto elaborado incluye las especificaciones que serán seguidas.

En el análisis económico de las alternativas se tiende a concentrar únicamente en el costo inicial (construcción de pavimento nuevo), sin embargo el ideal es adoptar un enfoque de sistema de gerencia de pavimentos (SGP) en nivel de proyecto, que consiste en buscar la minimización del costo total del ciclo de vida del pavimento, que está compuesto por la suma de los costos de construcción (costo inicial), de mantenimiento (recurrente durante el periodo de proyecto) y de restauración (al final del periodo de proyecto).

PAVIMENTOS FLEXIBLES

Son aquellos que tienen un revestimiento asfáltico sobre una capa base granular. La distribución de tensiones y deformaciones generadas en la estructura por las cargas de rueda del tráfico, se da de tal forma que las capas de revestimiento y base absorben las tensiones verticales de compresión del suelo de fundación por medio de la absorción de tensiones cizallantes. En este proceso ocurren tensiones de deformación y tracción en la fibra inferior del revestimiento asfáltico, que provocará su fisuración por fatiga por la repetición de las cargas de tráfico. Al mismo tiempo la repetición de las tensiones y deformaciones verticales de compresión que actúan en todas las capas del pavimento producirán la formación de hundimientos en la trilla de rueda, cuando el tráfico tiende a ser canalizado, y la ondulación longitudinal de la superficie cuando la heterogeneidad del pavimento fuera significativa.

## **2.4 MARCO LEGAL**

Teniendo en cuenta que la realización del manual y de cada uno de los ensayos se realizó dentro de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, el desarrollo del mismo se rige bajo las normas de la institución que en este caso sería el manual de Manejo y Seguridad del laboratorio, que se encuentra claramente especificado en el capítulo inicial del manual.

### **2.4.1. NORMAS I.N.V.E.**

I.N.V. E-148; CBR

I.N.V. E- 218; Desgaste

I.N.V. E – 133 Equivalente de arena

I.N.V. E – 123, I.N.V. E – 142 Proctor modificado

I.N.V. E-227-07 Porcentaje de caras fracturadas

I.N.V. E – 748 Porcentaje de partículas chatas y alargadas

I.N.V. E – 721 Durabilidad y adherencia



### 3. DISEÑO METODOLOGICO

#### 3.1 TIPO DE INVESTIGACION

El nivel de la investigación es de tipo descriptivo debido a que se busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de los procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis; es decir; miden, evalúan o recolectan datos sobre diversos conceptos o variables, aspectos, dimensiones o componentes del fenómeno a investigar. En un estudio descriptivo se selecciona una serie de cuestiones y se mide o recolecta información sobre cada una de ellas para así describir lo que se esta en investigación.

#### 3.2 METODOLOGIA

La investigación contendrá los siguientes pasos para su desarrollo y alcance de sus objetivos

**Grafica 1. Diseño del Manual**



**Fuente:** Autores del proyecto

### **3.3. POBLACION Y MUESTRA**

Para este trabajo de grado la población que será estudiada y de la cual se generalizaran los resultados van a ser los estudiantes de ingeniería civil. La muestra que se va a considerar son subgrupos conformados por estudiantes egresados, los estudiantes que ya vieron la materia y los que la cursan actualmente, el tipo de muestra es la probabilística en el cual cualquiera de los subgrupos pueden ser tomado en cuenta.

### **3.4 TECNICAS DE RECOLECCION DE INFORMACION**

La técnica y/o método de recolección de información que se utilizara en este proyecto ser mediante fuentes de información secundarias, donde se recurrirá al uso de encuestas, libros, revistas, cartillas y normas de ensayos localizando la información referente al tema del proyecto.

#### **4. RESULTADOS**

El desarrollo de este proyecto está orientado en la elaboración de un manual que permitirá a los estudiantes de Ingeniería Civil de la materia de Pavimentos de la Universidad Francisco De Paula Santander Ocaña, la fácil ejecución de ensayos en el laboratorio de suelos de la institución, ayudando así no solo a la formación de la academia sino también a la facilitación del fácil aprendizaje, siendo esta una herramienta útil para la correcta y eficaz elaboración de los procedimientos dentro de los laboratorios, permitirá no solo la fácil comprensión de los mismos sino también ayudar a los estudiantes a un mejor aprovechamiento del tiempo dentro del tiempo de prácticas de la asignatura.

**Ver Anexo A.**

## **CONCLUSIONES**

Este documento es una herramienta de trabajo en el cual se describe los procedimientos para los ensayos de pavimentos de una manera sencilla, detallada y didáctica, de tal forma que le permite al estudiante interpretar con una mayor facilidad la redacción para la preparación de la muestra y el montaje del ensayo de laboratorio como tal. Debido al explícito planteamiento con el que ha sido elaborado este manual, además del registro fotográfico que lo acompaña, se reducen los inconvenientes en la realización de cada uno de los ensayos.

Este manual ha sido elaborado tomando como base principal las Normas Técnicas Colombianas (NTC), Normas internacionales ASTM, AASHTO y las Normas del Instituto Nacional de Vías I.N.V.E, las cuales han suministrado la información de los conceptos, procedimientos y cálculos de cada ensayo de laboratorio.

Los estudiantes y profesores de la asignatura de pavimentos de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña y demás personas de la región cuentan con un manual práctico para la realización de los ensayos de laboratorio el cual facilita la ejecución de cada proceso, de igual manera la reducción en los porcentajes de error que antes se hubiesen presentado.

## RECOMENDACIONES

En la elaboración de este manual práctico para la realización de los ensayos, fundamentalmente se debe contar con diversas fuentes de información que faciliten un conocimiento, lo cual permita describir detallada y fácilmente los conceptos, procedimientos y realización de los cálculos para cada uno.

Previamente a la realización de los ensayos es recomendable leer las normas con el objetivo de evitar que se presenten inconvenientes en el proceso del ensayo con la toma de los datos, con el manejo de los equipos y así no realizar la obtención de datos erróneos.

En la ejecución de los ensayos se debe contar con una cámara fotográfica que permita capturar buenas imágenes para así obtener un registro fotográfico amplio para aportar al manual la descripción gráfica de cada paso a seguir en el procedimiento de cada uno de ellos.

En la realización de algunos de los ensayos se debe tener especial cuidado con el manejo de las temperaturas ya que estas son importantes para la obtención de resultados acertados.

Se debe contar con un cronometro y así controlar con mayor precisión el tiempo de ejecución y cambio de temperatura en algunos ensayos.

Con relación a los formatos de cada ensayo de laboratorio, si no cuentan con ellos se deben elaborar para así registrar los datos obtenidos en los mismos y los resultados de los análisis realizados, de tal manera que se logre una mayor organización y facilite la entrega de resultados.

## BIBLIOGRAFIA

<http://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt104.pdf>

[http://www.univo.edu.sv:8081/tesis/018150/018150\\_Cap2.pdf](http://www.univo.edu.sv:8081/tesis/018150/018150_Cap2.pdf)

[http://copernico.escuelaing.edu.co/vias/pagina\\_via/modulos/MODULO%201.pdf](http://copernico.escuelaing.edu.co/vias/pagina_via/modulos/MODULO%201.pdf)

<https://es.answers.yahoo.com/question/index?qid=20080613123423AAkQhkl>

[https://www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=7&cad=rja&uact=8&ved=0CEEQFjAG&url=http%3A%2F%2Fxa.yimg.com%2Fkq%2Fgroup%2F13240622%2F714218388%2Fname%2FEQUIVALENTE%2BDE%2BARENA-CONCEPTO%2BY%2BAPLICACION.docx&ei=Q61rU622L9XesASHg4DoBA&usg=AFQjCNEZ1ul8tGqQOLb-o\\_1KNpHiod7MkA&sig2=9mjzuhRZChBsoQeCaB-TBA&bvm=bv.66111022,bs.1,d.cWc](https://www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=7&cad=rja&uact=8&ved=0CEEQFjAG&url=http%3A%2F%2Fxa.yimg.com%2Fkq%2Fgroup%2F13240622%2F714218388%2Fname%2FEQUIVALENTE%2BDE%2BARENA-CONCEPTO%2BY%2BAPLICACION.docx&ei=Q61rU622L9XesASHg4DoBA&usg=AFQjCNEZ1ul8tGqQOLb-o_1KNpHiod7MkA&sig2=9mjzuhRZChBsoQeCaB-TBA&bvm=bv.66111022,bs.1,d.cWc)

[http://es.wikipedia.org/wiki/Ensayo\\_de\\_compactaci%C3%B3n\\_Proctor](http://es.wikipedia.org/wiki/Ensayo_de_compactaci%C3%B3n_Proctor)

<http://www3.ucn.cl/FacultadesInstitutos/laboratorio/mecanica6.htm>

[http://icc.ucv.cl/geotecnia/03\\_docencia/02\\_laboratorio/manual\\_laboratorio/cbr.pdf](http://icc.ucv.cl/geotecnia/03_docencia/02_laboratorio/manual_laboratorio/cbr.pdf)

<http://www.buenastareas.com/ensayos/Porcentaje-Caras-Gracturadas-Agregados/1428437.html>

[librodepavimentos-130917193917-phpapp02](#)

<http://www.buenastareas.com/ensayos/Ventajas-y-Desventajas-De-Los-Pavimentos/6520928.html>

<http://amivtac-chiapas.org/images/2012/08/Vinicio%20Serment%20PAVIMENTOS%20RIGIDOS%20Y%20FLEXIBLES%20VENTAJAS%20Y%20DESVENTAJAS.doc>

**MONTEJO FONCECA ALFONSO, Ingeniería de pavimentos. Fundamentos, estudios básicos y diseño**

# **ANEXOS.**

**Anexo A. Manual de Ensayos**

De clic aquí para abrir el manual

**Anexo B. Formatos para recopilación de información**

De Clic aquí para abrir los formatos