

# **CAPÍTULO I**

## **INTRODUCCIÓN**

# **CAPÍTULO I**

## **INTRODUCCIÓN**

### **1. INTRODUCCIÓN**

En la actualidad del periodo de vida útil de una carretera oscilan entre 10 a 15 años. Sin embargo, muchas de ellas están fallando prematuramente presentando fisuras, agrietamientos, huecos, ahuellamiento y otros debido a diferentes factores como ser pobres métodos constructivos, materiales inadecuados además de deficiencias en el diseño. Situación que se ve reflejado en numerosas calles y carreteras del país, donde se encuentra una gran cantidad de fallas a temprana edad.

Para garantizar que la vía ofrezca un nivel de servicialidad adecuado que genere bienestar, confort y seguridad tanto al comercio, al turismo y al transporte urbano, es necesaria una vía que se encuentre en buen estado y que se ajuste a las condiciones tanto de tránsito, nivel de importancia y tipo de terreno.

En nuestro país y en nuestra ciudad (Tarija) se conoce muy poco de los materiales Geosintéticos puesto que por ese motivo no se utiliza mucho en las carreteras estos materiales, sus características principales son de propiedades mecánicas e hidráulicas y por eso son muy útiles para desarrollo de nuestras vías en el futuro.

En este análisis sobre el diseño de pavimentos flexibles para reforzarlos es importante tomar mucho en cuenta su aplicación en el momento de realizar el proyecto, y sería muy interesante y de suma importancia proponer en las universidades de nuestra ciudad sobre todo en la carrera de ingeniería civil el uso de estos materiales para empezar a utilizar en las carreteras de nuestra ciudad.

#### **1.1 Justificación**

En el análisis y construcción de carreteras, en lo que se refiere a pavimentos flexibles es importante dar a conocer la importación y características de los materiales Geosintéticos para la aplicación sobre los pavimentos flexibles, con el fin de evitar deterioros grandes que se traduzcan en la reconstrucción de carreteras implicando un mayor costo en la reconstrucción de carreteras para nuestro país.

Se ha comprobado que la vida útil de los pavimentos se puede prolongar a menor costo y tiempo cuando se implementa el uso de estos materiales ya que los Geosintéticos son utilizados para el mejoramiento de los suelos por sus propiedades físico mecánicas, debido a estas propiedades es aconsejable proponer el uso de estos materiales para una mejor resistencia y prolongada vida útil de los pavimentos flexibles.

En nuestro país y particularmente en el Departamento de Tarija existen muy pocos diseños de pavimentos empleados con estos materiales por lo que es necesario investigar todo referente a los materiales Geosintéticos, características, propiedades, aplicación, tipos de Geosintéticos, sus usos etc.

Este análisis busca dar a conocer lo útil y necesario que pueden ser los Geosintéticos en la aplicación de los pavimentos para dar una mejor vida útil a los pavimentos y reducir el costo de refacción de los mismos.

Además, en el aporte académico será importante ya que se aplicarán los conocimientos adquiridos que se disponen en la actualidad y por ende lograr el grado académico de licenciatura en ingeniería civil.

## **1.2 Pavimentos**

El pavimento forma parte del firme y es la capa constituida por uno o más materiales que se colocan sobre el terreno natural o nivelado, para aumentar su resistencia y servir para la circulación de personas o vehículos. Entre los materiales utilizados en la pavimentación urbana, industrial o vial están los suelos con mayor capacidad de soporte, los materiales rocosos, el hormigón y las mezclas asfálticas.

### **1.2.1 Pavimento flexible**

Reciben este nombre ya que pueden flexionarse o dicho de otra manera son maleables. Estos pavimentos se encuentran sostenidos sobre un par de capas flexibles y de base granular. Este resulta muy costoso, tanto en la construcción, como en el mantenimiento. Es utilizado en zonas donde hay mucho tránsito, como calles, parques de estacionamiento, veredas, entre otros.

**Fig. 1:** Pavimento flexible



Fuente: Diseño de carretera, James Rodríguez

### 1.3 TIPOS DE FALLA EN LOS PAVIMENTOS

Grietas de contracción o de bloque, piel de cocodrilo, mancha en pavimentos (exudación), corrugaciones, grietas de borde, ahuellamiento, baches.

**Fig. 2:** Grietas de contracción o de bloque



Fuente: Estabilidad de subrasante, James Rodríguez

**Fig. 3:** Piel de cocodrilo



Fuente: Estabilidad de subrasante, James Rodríguez

**Fig. 4:** Manchas de pavimentos



Fuente: Manual de carreteras; Diseño geométrico, Vicente del Rio

**Tabla N°1:** Fallas consideradas en pavimentos flexibles

Tipo de daño	Unidad de medición	Estrategia de reparación
Exudación menor	m <sup>2</sup>	Nada
Exudación regular	m <sup>2</sup>	Lavado a presión con agua
Exudación mayor	m <sup>2</sup>	Lavado a presión con agua
Inestabilidad empezando	m <sup>2</sup>	Nada
Inestabilidad con desplazamiento	m <sup>2</sup>	Fresado
Cabeza dura	m <sup>2</sup>	Nada
Descascaramiento	m <sup>2</sup>	Tratamiento superficial local
Fisuras menos de 1m del borde	m <sup>2</sup>	Sellado de fisuras
Fisuras menos de 1m de borde	m <sup>2</sup>	Tratamiento superficial local
Fisuras a más de 1m del borde	m <sup>2</sup>	Sellado de fisuras
Fisuras a más de 1m de borde	m <sup>2</sup>	Tratamiento superficial local
Piel de cocodrilo	m <sup>2</sup>	Fresado + asfalto
Baches y asentamientos	m <sup>2</sup>	Parqueo, trabajo manual
Parqueos	m <sup>2</sup>	Re-nivelación
Ahuellamientos 5 – 10 mm	m <sup>2</sup>	Nada
Ahuellamientos 10 – 15mm	m <sup>2</sup>	Asfalto elaborado en frío
Ahuellamientos 15 – 20 mm	m <sup>2</sup>	Asfalto elaborado en frío
Ahuellamientos > 20 mm	m <sup>2</sup>	Asfalto elaborado en frío

Fuente: Manual para el mantenimiento de la red vial secundaria

### **1.3.1 Refuerzo en pavimentos flexibles**

Cuando la función del geotextil sea prevenir o retardar el reflejo de grietas de un pavimento antiguo que va a ser reforzado, su colocación se efectuará de acuerdo con la secuencia que se indica a continuación.

El riego se dejará curar durante el tiempo aproximado que se indica en la Tabla No.2

### **1.3.2 Colocación del geotextil**

El geotextil se instalará manual o mecánicamente una vez la emulsión aplicada haya curado convenientemente. Tanto los traslajos longitudinales como los transversales serán del orden de cien a ciento cincuenta milímetros (100 mm-150 mm), aplicándose en el traslajo una cantidad de emulsión que corresponda a cuatro décimas de litro por metro cuadrado (0.4 l/m<sup>2</sup>) de ligante residual.

En caso de que se produzca lluvia antes de colocar la mezcla asfáltica de refuerzo, se pueden formar burbujas de aire que conducen al desprendimiento del geotextil. En tal caso, se puede utilizar un compactador neumático que permita restaurar el contacto entre el geotextil y el ligante.

## **1.4 MATERIALES ADICIONALES EN PAVIMENTO**

Los Geosintéticos se pueden clasificar según su método de fabricación:

- Geotextiles
- Geomallas
- Georedes
- Geomembranas
- Geocompuestos
- Revestimientos geosintéticos de arcilla
- Geoceldas
- Geospumas

#### **1.4.1 Geotextiles**

Mantas de fibras o hilos tejidos, las mantas son flexibles y permeables y generalmente tienen la apariencia de un tejido son usados en aplicaciones de separación, filtración, drenaje, refuerzo y control de erosión.

#### **1.4.2 Geomallas**

Materiales Geosintéticos que tienen una apariencia de malla abierta, su principal aplicación de las geomallas es el refuerzo de los suelos.

#### **1.4.3 Georedes**

Materiales tipos mallas abiertas formados por dos conjuntos de hebras poliméricas gruesas y paralelas interactuando en un ángulo constante, la malla forma una manta con cierta porosidad que se usa para llevar relativamente grandes cantidades de fluidos o gases internamente.

#### **1.4.4 Geomembranas**

Laminados continuos y flexibles elaborados de uno o más materiales sintéticos, estos son relativamente impermeables y son usados como revestimientos de fluidos y gases y como barreras de vapor.

#### **1.4.5 Geocompuestos**

Son echos de dos o más Geosintéticos.

#### **Revestimientos Geosinteticos de arcilla**

Son pre fabricados con una capa de arcilla bentonitica incorporada entre una camada superior e inferior de geotextiles una simple camada geotextil.

#### **1.4.6 Geoceldas**

Redes tridimensionales relativamente gruesas construidas por tiras de planchas de polímero, las tiras son juntadas para formar celdas interconectadas que son rellenas con suelos y ocasionalmente concreto.

### **1.4.7 Geoespumas**

Bloques o tablas creados por expansión de espuma de poliestireno para formar una red de baja densidad de celdas cerradas llenas de gas, son usadas como aislante térmico, para reducir presiones de tierra contra paredes rígidas.

## **1.5 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.5.1 Situación problemática**

El tema del reforzamiento de pavimentos flexibles es y será siempre de interés público debido a que en nuestro país se identificaron que el 80% de las carreteras tiene problemas de baches y huecos profundos ya que carecen de un material el cual refuerza el pavimento en este caso de una geomembrana con material Geosintético, además están diseñadas con malas mezclas asfálticas empleadas en laboratorios y debido a ese problema son las grietas y fisuras.

Los pavimentos están sometidos permanentemente a esfuerzos de deformación los cuales producen deterioros en las carreteras ocasionando los diferentes tipos de fallas tales como: fisuras, grietas longitudinales, grietas transversales, piel de cocodrilo, grietas en bloque, grietas de borde y las grietas por fatigamiento las cuales pueden traer como consecuencia peligros a la sociedad que transita por estas vías.

Se puede notar que las fallas en los pavimentos flexibles son ocasionadas por diversas causas como ser: Procesos constructivos deficientes, drenaje inadecuado, reparaciones mal ejecutadas y un mal empleamiento de materiales.

El mal estado de las carreteras provoca un severo deterioro de los vehículos y un mayor tiempo de recorrido aumentando el consumo de combustible lo que se traduce en mayores costos de mantenimiento y operabilidad del vehículo. Sobran evidencias de que el sistema prevaleciente de organización y financiamiento de la conservación vial es inadecuado. Más aún, el sistema actual difícilmente permite una mejora sustancial y sostenida a largo plazo.

Por lo mencionado anteriormente, las características de los materiales Geosintéticos son de suma importancia y de gran ayuda al desarrollo de las vías de nuestro país y por eso



es necesario la aplicación de una geomembrana sobre el diseño de los pavimentos flexibles para reforzarlos y de esa manera alargar su vida útil.

## **1.6 PROBLEMA**

¿Cuál será el material Geosintético más adecuado para emplear el refuerzo entre las capas de pavimentos flexibles y de esa manera brindar resistencia y alargar su vida útil?

## **1.7 OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN**

### **1.7.1 Objetivo general**

Analizar el diseño de pavimentos reforzados con el Geosintético ya determinado, y con la finalidad de alargar la vida útil y disminución de mantenimiento constante.

### **1.7.2 Objetivos específicos**

Estudiar las características de los materiales Geosintéticos para determinar su estabilidad puesta en las capas del pavimento.

- Determinar un tramo de pavimento para la extracción de material de las distintas capas del pavimento.
- Realizar los laboratorios correspondientes para determinar el tipo de granulometría de cada capa del pavimento.
- Determinar el funcionamiento correcto del programa de diseños de Geosintéticos, para comprobar que las especificaciones de diseño son de acuerdo con nuestra actualidad.
- Obtener los CBR de cada capa del pavimento con y sin Geosintético para determinar sus resistencias.
- Realizar los estudios físicos- mecánicos del Geosintético para determinar sus características y propiedades.
- Valorar los resultados de cada cálculo o estudio que se hizo con el Geosintético determinado.

## **1.8 HIPÓTESIS**

Si realizamos el diseño de pavimentos reforzados con Geosintéticos, entonces permitirá realizar una mejora en los pavimentos puesto que estos materiales debido a sus

características mecánicas reforzarán y darán resistencias a las carreteras, por ende, la reducción de costos y aumento de la vida útil de los pavimentos.

## 1.9 DEFINICIÓN DE VARIABLES

### Variable

La variable en investigación representa un concepto de mucha importancia en un proyecto. Son conceptos que forman enunciados de un tipo denominado de hipótesis.

### Variable dependiente

Comportamiento de pavimentos reforzados con Geosintéticos.

### Variable independiente

Conceptualización y operacionalidad de variables

Variable independiente

**Tabla N°2 Variables**

No	Dimensión	Indicadores	Detalle
1	Estado del pavimento	Muy bueno Bueno Malo	Se aplicará el geosintético a los pavimentos que presenten mayor deterioro.
2	El gasto de los neomaticos de los vehículos que circulan por la carretera	Elevado Medio Bajo	Se deberá realizar un estudio de diversos vehículos para determinar la adherencia del neumático en el pavimento con la geomembrana puesta.
3	Índice de accidentes en la carretera	Alto Bajo	Se pedirá un detalle de los accidentes a la policía, en el tramo donde se aplicará el geosintético.

Fuente: Elaboración propia

**Variable dependiente:** Análisis de reforzamiento con Geosintéticos

No	Dimensión	Indicadores	Detalle
1	Existencia de una geomembrana	Existente Inexistente	Principal función dar una mejor resistencia al pavimento.
2	El tiempo que se tarda en aplicar la geomembrana	Optimo Regular Deficiente	Mucho depende del tipo de geosintético a utilizar y el tipo de clima de la zona donde se aplicará el material.
3	El costo que se tiene al realizar la aplicación de la geomembrana en la carretera	Elevado Medio Bajo	Lo que se busca en este caso es el ahorro del costo del geosintético, para reducir los constantes mantenimientos a los pavimentos.

Fuente: Elaboración propia

## **Conceptualización**

### **1.9.1 Variable dependiente**

Cambios sufridos por los sujetos como consecuencia de la manipulación de la variable independiente por parte del experimentador, en este caso el nombre lo dice de manera explícita, va a depender de algo que la hace variar.

Propiedad o característica que se trata de cambiar mediante la manipulación de la variable independiente. Las variables dependientes son las que se miden.

Las variables dependientes por la acción de reforzar son:

Pavimentos con Geosintéticos

Pavimentos sin Geosintéticos

### **1.9.2 Variable independiente**

Fenómeno a la que se le va a evaluar su capacidad para influir, incidir o afectar a otras variables. Su nombre lo explica de mejor modo en el hecho que no depende de algo para estar allí. Es aquella característica o propiedad que se supone ser la causa del fenómeno estudiado. En investigación experimental se llama así, a la variable que el investigador manipula. Que son manipuladas experimentalmente por un investigador. En el desarrollo de la investigación la variable independiente es:

Analizar el comportamiento del tipo de geosintético para el reforzamiento de pavimentos.

## **Componentes**

### **Unidad de estudio**

La unidad de estudio del presente trabajo es de pavimentos en carreteras.

### **Población**

La población del trabajo de estudio es el reforzamiento entre capas de pavimentos en carreteras.

### **Muestra**

Pavimentos reforzados entre capas con Geosintéticos en carreteras.

## **Muestreo**

Para la obtención de muestras se realizará mediante extractor de núcleos extrayendo de cada tramo de pavimento rígido (calle Junín, nueva terminal, parada del chaco), se realizar 30 núcleos en total ya sea 30 núcleos de un solo tramo o 10 núcleos de cada tramo después de extraer una cantidad de núcleos nos permitirá analizar el comportamiento y aporte en el pavimento deteriorado con fallas permisibles que nos lleva a buscar una alternativa de solución para que circulen los vehículos sin problema alguno.

## **1.10 MÉTODOS Y TÉCNICAS EMPLEADAS**

El método utilizado para este trabajo de investigación es el método inductivo, mediante el cual estudiaremos, caracterizaremos y experimentaremos las propiedades mecánicas de pavimento flexibles reforzados con materiales Geosintéticos, así poder mejorar sus características de resistencia.

### **Identificación del problema**

El problema del presente estudio es el reforzamiento de los pavimentos flexibles que se encuentren en mal estado de la ciudad de Tarija.

### **Formulación de la hipótesis**

La hipótesis planteada es la siguiente: La aplicación de materiales Geosintéticos en los pavimentos flexibles de nuestra ciudad de Tarija, nos permitirá dar una mejoría en las carreteras en aspecto de resistencia, durabilidad, reducción de costo y alargar su vida útil de las carreteras.

### **Observación, recogida, organización de datos**

Los datos se obtendrán mediante la extracción de muestras de los pavimentos flexibles que estén en mal estado y luego llevar a laboratorio para sus respectivos ensayos.

Formular conclusiones

Se formularán las conclusiones en base a los objetivos planteados.

### **1.10.1 Técnicas de muestreo**

La técnica empleada para la recolección de datos se refiere al uso de una gran diversidad de técnicas y herramientas que pueden ser utilizadas por el analista para desarrollar los sistemas de información, los cuales pueden ser ensayos, encuestas, cuestionarios, la observación, aforos y mediciones. Todos estos instrumentos se aplicarán en un momento en particular, con la finalidad de buscar información que será útil a una investigación en común. Las principales técnicas de recolección de datos son:

**Ensayo:** El ensayo de campo es un elemento muy importante para conseguir datos que avalen o echen por tierra una teoría en determinados campos.

El ensayo de campo es un procedimiento que se lleva a cabo en el ambiente natural de las personas u objetos sobre los que se realiza el estudio. Se emplea el método científico.

Su objetivo puede ser solucionar un problema o una necesidad que se ha percibido, lo que se conoce como investigación aplicada, o simplemente conocer mejor un tema y obtener nuevos datos para su análisis, es decir, investigación pura.

**Extracción de muestra:** La extracción de muestra de una carretera, se refiere a realizar una calita para tomar muestras de las capas del pavimento flexible para realizar los correspondientes ensayos en laboratorio.

**Laboratorio:** En laboratorio se realiza los ensayos de los materiales, muestras obtenidas para determinar las características de cada capa, y de esa manera sacar resultados y conclusiones.

### **1.10.2 Análisis previos a realizar**

- Análisis del programa Geosoft
- Determinación del espesor de las capas del pavimento.
- Cálculo de la resistencia del Geosintético.
- Cálculo de la elasticidad del Geosintético.
- Obtención del ensayo CBR mediante ensayos realizados.
- Diseño para analizar el comportamiento del Geosintético como refuerzo en el pavimento.

- Comparación para realizar el refuerzo de las capas del pavimento flexible con y sin refuerzo.

Como indica el esquema, lo que pretendemos realizar con este proyecto es realizar una mejoría en los pavimentos flexibles de nuestra ciudad, una mejor durabilidad y resistencia en los mismos, para de esas maneras la población esté segura al momento de circular por ellas sin problemas de baches, fisuras, hundimientos, daños en los neumáticos de los móviles etc.

Esto se pretende realizar mediante de la siguiente manera, una vez designado el tramo designado, se extraerá muestra para hacer sus respectivos ensayos los cuales serán (límites, granulometría, compactación, CBR).

Esos ensayos son para determinar su estado de las capas de los pavimentos y determinar donde es más necesario dar un reforzamiento, de esa manera una vez echo los ensayos la manera de dar el reforzamiento indicado a las capas, eso lo realizamos colocando material Geosintético, en este caso será una Geomembrana que se colocará entre la capa subrasante y sub-base para reforzar los pavimentos flexibles y alargar su vida útil del mismo.

## **Procedimiento para el análisis y la interpretación de la información**

### **Estadística descriptiva**

La estadística descriptiva es la rama de las matemáticas que recolecta, presenta y caracteriza un conjunto de datos (por ejemplo, edad de una población, altura de los estudiantes de una escuela, temperatura en los meses de verano, etc.) con el fin de describir apropiadamente las diversas características de ese conjunto.

Al conjunto de los distintos valores numéricos que adopta un carácter cuantitativo se llama variable estadística.

Las variables pueden ser de dos tipos:

- Variables cualitativas o categóricas: No se pueden medir numéricamente (por ejemplo: nacionalidad, color de la piel, sexo)
- Variables cuantitativas: Tienen valor numérico (edad, precio de un producto, ingresos anuales)

Las variables también se pueden clasificar en:

Variables unidimensionales: Sólo recogen información sobre una característica (por ejemplo: edad de los alumnos de una clase).

Variables bidimensionales: Recogen información sobre dos características de la población (por ejemplo: edad y altura de los alumnos de una clase).

Variables pluridimensionales: Recogen información sobre tres o más características (por ejemplo: edad, altura y peso de los alumnos de una clase).

Por su parte, las variables cuantitativas se clasifican en discretas y continuas.

Discretas: Sólo pueden tomar valores enteros (1, 2, 8, -4, etc.). Por ejemplo: número de hermanos (puede ser 1, 2, 3..., etc., pero, por ejemplo, nunca podrá ser 3.45).

Continuas: Pueden tomar cualquier valor real dentro de un intervalo. Por ejemplo, la velocidad de un vehículo puede ser 90.4 km/h, 94.57 km/h....etc.

Cuando se estudia el comportamiento de una variable hay que distinguir los siguientes conceptos:

Individuo: Cualquier elemento que porte información sobre el fenómeno que se estudia. Así, si estudiamos la altura de los niños de una clase, cada alumno es un individuo; si se estudia el precio de la vivienda, cada vivienda es un individuo.

Población: Conjunto de todos los individuos (personas, objetos, animales, etc.) que porten información sobre el fenómeno que se estudia. Por ejemplo, si se estudia el precio de la vivienda en una ciudad, la población será el total de las viviendas de dicha ciudad.

Muestra: Subconjunto que seleccionado de una población. Por ejemplo, si se estudia el precio de la vivienda de una ciudad, lo normal será no recoger información sobre todas las viviendas de la ciudad (sería una labor muy compleja), sino que se suele seleccionar un subgrupo (muestra) que se entienda que es suficientemente representativo.

### **Media Aritmética**

La media aritmética de n valores, es igual a la suma de todos ellos dividida entre n. Se denota

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$



Cuando los datos tienen más de una frecuencia, para obtener la media aritmética se agrega otra columna a la tabla estadística con el producto de las observaciones y sus frecuencias. Es decir, si se cuenta con una distribución de datos entonces se aplica la fórmula:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n f \cdot x_i}{n}$$

Las características de la media aritmética son:

- Es una medida totalmente numérica o sea sólo puede calcularse en datos de características cuantitativas.
- En su cálculo se toman en cuenta todos los valores de la variable.
- Es lógica desde el punto de vista algebraico.
- La media aritmética es altamente afectada por valores extremos.
- No puede ser calculada en distribuciones de frecuencia que tengan clases abiertas.
- La media aritmética es única, o sea, un conjunto de datos numéricos tiene una y sólo una media aritmética.

### **Mediana**

La mediana es el punto central de una serie de datos ordenados de forma ascendente o descendente.

De acuerdo al número de casos o datos, hay dos formas para calcular la mediana: para número impar y para número par:

- Número impar de datos ordenados de menor a mayor o de mayor a menor: la mediana es el valor que queda justo al centro.
- Número de datos par: en este caso se busca la media aritmética entre los dos valores centrales.

Las características de la mediana son:

- En su cálculo no se incluyen todos los valores de la variable.
- La Mediana no es afectada por valores extremos.

- Puede ser calculada en distribuciones de frecuencia con clases abiertas.
- No es lógica desde el punto de vista algebraico.

### **Moda**

La moda de un conjunto de datos numéricos es el valor que más se repite, es decir, el que tiene el mayor número de frecuencias absolutas. La moda puede ser no única e inclusive no existir.

La moda es una medida de tendencia central muy importante, porque permite planificar, organizar y producir para satisfacer las necesidades de la mayoría.

Las características de la moda son:

- En su cálculo no se incluyen todos los valores de la variable.
- El valor de la moda puede ser afectado grandemente por el método de designación de los intervalos de clases.
- No está definida algebraicamente.
- Puede ser calculada en distribuciones de frecuencia que tengan clases abiertas.
- No es afectada por valores extremos.

### **Desviación Estándar:**

La desviación estándar o desviación típica se define como la raíz cuadrada de los cuadrados de las desviaciones de los valores de la variable respecto a su media. Esto es:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}}$$

La desviación estándar es una medida estadística de la dispersión de un grupo o población. Una gran desviación estándar indica que la población está muy dispersa respecto de la media. Una desviación estándar pequeña indica que la población está muy compacta alrededor de la media.

Para el caso de datos agrupados, la desviación estándar se calcula por medio de:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n f \cdot (x_i - \bar{x})^2}{n}}$$

### **Varianza**

La varianza mide la mayor o menor dispersión de los valores de la variable respecto a la media aritmética. Cuanto mayor sea la varianza mayor dispersión existirá y por tanto, menor representatividad tendrá la media aritmética. La varianza se expresa en las mismas unidades que la variable analizada, pero elevadas al cuadrado.

La varianza de un conjunto de datos se define como el cuadrado de la desviación estándar y está dada por:

$$v = \sigma^2$$

La estadística descriptiva nos ayudara a recolectar, analizar y caracterizar un conjunto de datos con el objetivo de describir las características y comportamientos de este conjunto mediante medidas de resumen, tablas o gráficos.

Toma cierta característica de la población sobre la que se realiza el estudio estadístico y sobre la que es posible su medición. Esta variable es: el reforzamiento en los pavimentos de las carreteras con materiales Geosintéticos.

Los diagramas y gráficas de la estadística ayudan a tener una mayor comprensión de los datos sobre el proyecto. Un buen diagrama sirve para demostrar una proposición, puede facilitar el análisis de los datos para continuar resolviendo el problema del estudio realizado

## **1.11 ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN**

El alcance de investigación para esta tesis se refleja en un trabajo parte del manejo de un programa (Geosoft Pavco) y parte campo, ya que se procura valorar la influencia principalmente de refuerzo aplicando un Geosintético y realizar una comparación entre los materiales usados, con el método CBR.

Para llevar a cabo esto se pretende primeramente realizar los ensayos correspondientes del Geosintético, también se realizará los ensayos correspondientes a las muestras sacadas del tramo determinado y de esa manera proceder a la colocación del material.

Este trabajo de investigación se realizará de la siguiente manera:

Inicialmente, contiene una breve introducción de generalidades sobre Análisis sobre el diseño de pavimentos flexibles reforzados utilizando Geosintéticos entre capas de pavimento, en donde se define la situación problemática sobre la que se basa el presente trabajo, justificación los objetivos, la metodología que se desean alcanzar con la investigación.

Posteriormente, se menciona el marco teórico referente a todo lo relacionado con el tema de estudio, fundamentalmente sobre los pavimentos flexibles debido a que es el estudio que se realiza está orientado al mismo, se expondrá también sobre Geosintéticos con fundamento de refuerzo, para sustentar el trabajo de investigación.

Después, incluye el arte de aplicación donde se decidirá de manera clara y concisa los métodos, medios y criterios para obtener los datos y características del Geosintético que luego serán procesados y analizados. También se expondrá todo el procedimiento de la incorporación del Geosintético en las capas del pavimento flexible, para verificar como se beneficiará su aplicación del mismo.

Finalmente, se expondrá las recomendaciones y las conclusiones a las que se lograron llegar realizando todo lo mencionado anteriormente.

**CAPÍTULO II**

**CARACTERÍSTICAS DE LOS**

**PAVIMENTOS FLEXIBLES Y SU**

**MANTENIMIENTO**

## **CAPÍTULO II**

### **CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS PAVIMENTOS FLEXIBLES Y SU MANTENIMIENTO**

#### **2. DEFINICIÓN**

Se llama pavimento al conjunto de capas de material seleccionado que reciben en forma directa las cargas del tránsito y las transmiten a los estratos inferiores en forma disipada, proporcionando una superficie de rodamiento, la cual debe funcionar eficientemente. Las condiciones necesarias para un adecuado funcionamiento son las siguientes: anchura, trazo horizontal y vertical, resistencia adecuada a las cargas para evitar las fallas y los agrietamientos, además de una adherencia adecuada entre el vehículo y el pavimento aun en condiciones húmedas. Deberá presentar una resistencia adecuada a los esfuerzos destructivos del tránsito, de la intemperie y del agua. Debe tener una adecuada visibilidad y contar con un paisaje agradable para no provocar fatigas. Puesto que los esfuerzos en un pavimento decrecen con la profundidad, se deberán colocar los materiales de mayor capacidad de carga en las capas superiores, siendo de menor calidad los que se colocan en las terracerías además de que son los materiales que más comúnmente se encuentran en la naturaleza, y por consecuencia resultan los más económicos. La división en capas que se hace en un pavimento obedece a un factor económico, ya que cuando determinamos el espesor de una capa el objetivo es darle el grosor mínimo que reduzca los esfuerzos sobre la capa inmediata inferior. La resistencia de las diferentes capas no solo dependerá del material que la constituye, también resulta de gran influencia el procedimiento constructivo; siendo dos factores importantes la compactación y la humedad, ya que cuando un material no se acomoda adecuadamente, éste se consolida por efecto de las cargas y es cuando se producen deformaciones permanentes.

#### **2.1 PAVIMENTO FLEXIBLE**

##### **2.2.1 Concepto**

Se denomina pavimento flexible a aquel cuya estructura total se defleca o flexiona dependiendo de las cargas que transitan sobre él. El uso de Pavimentos flexibles se

realiza fundamentalmente en zonas de abundante tráfico como puedan ser vías, aceras o parques

**Fig. 5:** Pavimento flexible



Fuente: Diseño de carreteras, James Cárdenas

### **Componentes**

Las capas y elementos que componen la estructura de un pavimento flexible son los siguientes:

- Capa de rodadura
- Capa base
- Capa Sub-base
- Suelo compactado (Terraplén o Subrasante mejorada)
- Subrasante
- Sub-drenaje longitudinal
- Revestimiento de hombreras
- Sub-base de hombreras

### **Características**

Entre las características principales que debe cumplir un pavimento flexible se encuentran las siguientes:

Resistencia estructural.

Deformabilidad.

Durabilidad requerimientos de conservación.

Comodidad composición de los pavimentos flexibles.

La capa superficial, o determinación que es la que da el aspecto exterior al piso.

La base, que normalmente está compuesta por agregados.

Sub-base, que en muchos casos no suele ser necesaria

Los materiales empleados deben satisfacer las especificaciones contempladas en la norma.

Los alineamientos horizontales y verticales, incluyendo bombeos y peraltes, deben ajustarse a lo indicados en los planos y diseños.

El espesor promedio, verificado por medios de perforaciones en la sub-base no podrá ser menor del 95% del espesor de diseño y ningún resultado individual podrá ser menor al 90% de dicho espesor.



### **Dimensionamiento**

Caracterizado por tener en la parte superior, una capa bituminosa, apoyada sobre una o varias capas de gran flexibilidad (Base granular y Sub-base granular), las cuales transmiten los esfuerzos al terreno de soporte, mediante un mecanismo de disipación de tensiones, presiones que van disminuyendo en su magnitud, con la profundidad. Este tipo de pavimento, presenta las siguientes particularidades:

Las capas granulares, se colocan para disminuir el espesor de la carpeta asfáltica.

Se considera que los esfuerzos se han disipado, cuando el esfuerzo en un punto cualquiera, es menor que el 10% de la presión de contacto.

Las magnitudes normales de los módulos de las capas de esta clase de estructuras, están alrededor de:

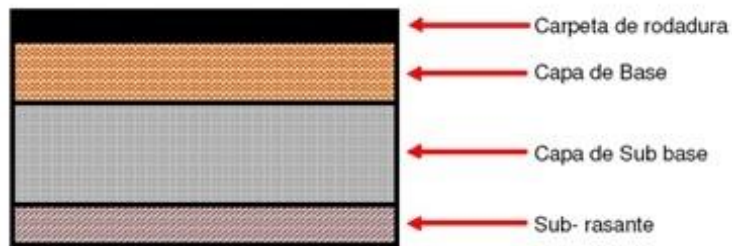
Carpeta asfáltica		25000 Kg/cm <sup>2</sup>
Base granular		2000 Kg/cm <sup>2</sup> a 5000 Kg/cm <sup>2</sup>



Sub- base granular  $\rightarrow$  1000 Kg/cm<sup>2</sup> a 3000 Kg/cm<sup>2</sup>

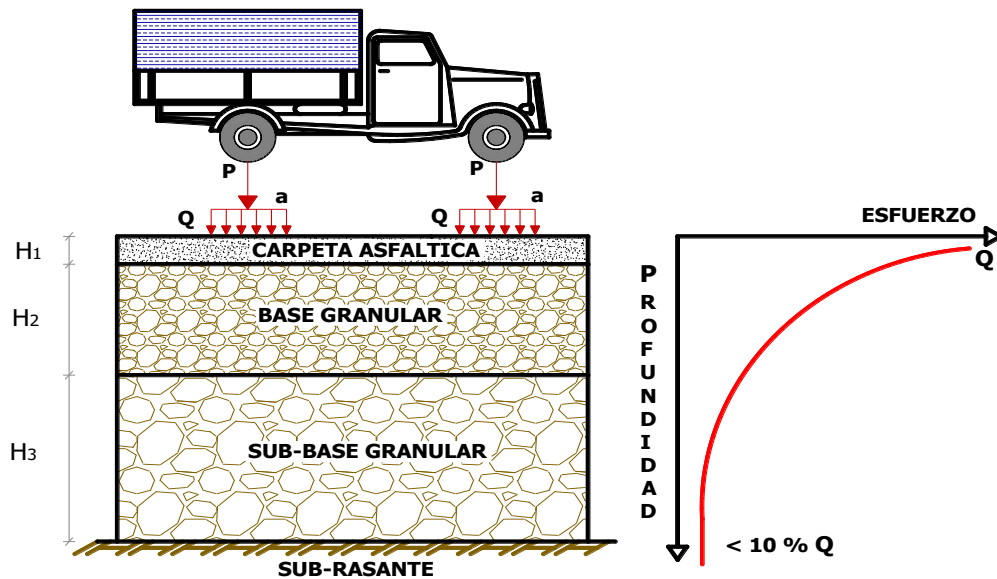
En pavimentos flexibles, apoyados sobre Sub-rasante fina, por ningún motivo, se debe omitir la Sub-base Granular.

**Fig. 6:** Dimensión del pavimento flexible



Fuente: Diseño de carreteras, James Cárdenas

**Fig. 7:** Mecanismo de disipación de tensiones en pavimentos flexibles



Fuente: Diseño de carreteras, James Cárdenas

## Mantenimiento

### 2.2.2 Pavimento flexible

Generalmente las actividades de mantenimiento de pavimentos se agrupan en dos categorías, preventivas y correctivas. El mantenimiento preventivo incluye aquellas

actividades realizadas para proteger el pavimento y reducir su tasa de deterioro. Por su parte el mantenimiento correctivo consiste en aquellas actividades ejecutadas para corregir fallas específicas del pavimento o áreas deterioradas. En el presente manual, se ha adoptado la siguiente clasificación, que agrupa en forma práctica el concepto total de mantenimiento y rehabilitación de pavimentos:

El mantenimiento menor incluye acciones que se aplican a pequeñas áreas del pavimento para corregir fallas localizadas, mejorar su condición y/o controlar la falla de deterioro. El mantenimiento rutinario debe ejecutarse continuamente, e iniciarse tan pronto como el pavimento muestre los primeros síntomas de falla. Dentro del mantenimiento rutinario se incluyen aquellas acciones menores tanto programadas como de emergencia. Por su parte, el mantenimiento mayor incluye actividades que se aplican a toda el área de un tramo, éstas pueden estar precedidas por acciones preparatorias de mantenimiento menor. Incluye una lista de las acciones de consideradas en este manual, mientras presenta un listado de las fallas más comunes en pavimentos flexibles, su asociación con las distintas causas de deterioro y las acciones correctivas más empleadas. La figura 5 muestra esquemáticamente los beneficios de una acción de tanto en el aspecto funcional como estructural de un pavimento. Es importante indicar que este Manual sólo presenta y discute acciones referentes al mantenimiento del pavimento, ya que existen otras actividades complementarias que deben realizarse continuamente para asegurar la buena condición y funcionamiento de una vía. Dentro de estas actividades están: mantenimiento y limpieza de drenajes, control de vegetación, barrido y limpieza de la superficie, señalamiento, demarcación, etc.

## **Deterioro**

### **Pavimento flexible**

El modo de deterioro varía sustancialmente, en función de la interacción de varios parámetros, que adicionalmente controlan la tasa de deterioro, ellos son:

- La estructura (resistencia) del pavimento, incluyendo la subrasante.
- El volumen de tráfico y el tipo de cargas.
- Políticas de mantenimiento.

En general la falla de un pavimento flexible puede clasificarse como estructural o funcional.

La falla estructural está asociada con la capacidad de carga del pavimento y normalmente se refiere a la fatiga de la estructura. La falla funcional es generalmente definida como la incapacidad del pavimento para proveer una superficie que permita un rodaje confortable, seguro y económico de los vehículos.

Adicionalmente, los modos de deterioro o falla son normalmente divididos en: asociados o no asociados con cargas, siendo los primeros, inducidos por el tráfico en la estructura del pavimento. Las fallas no asociadas con carga se refieren a las producidas por el medio ambiente y condiciones atmosféricas, calidad de construcción y/o materiales, y problemas especiales, tales como: temperatura y humedad, características de los suelos y materiales y diseños inadecuados de ingeniería.

De acuerdo con algunos autores, los tipos de falla de un pavimento son:

- Agrietamiento por cargas (fatiga).
- Deformación por cargas (ahuellamiento).
- Agrietamiento por contracción (termo-fractura).
- Deformaciones y grietas no producidas por cargas.
- Desintegración.
- Ocasionados por factores no intrínsecos de la estructura.

Los pavimentos muestran distintas relaciones deterioro-tiempo de acuerdo con la combinación particular de los distintos factores involucrados en el mecanismo de deterioro. Una curva de deterioro en función del tiempo (o repeticiones de carga). Se pudiera definirse como una curva normal o típica, en la que se distinguen tres puntos de especial importancia, ellos son:

**Punto A:** El pavimento comienza a mostrar síntomas menores de deterioro que requieren el inicio de labores de mantenimiento rutinario menor (sellado de grietas, reparación de huecos y bacheo menor). Las acciones menores correctivas son importantes para controlar el deterioro.

**Punto B:** La falla y deterioro comienza a crecer rápidamente, puede requerirse algún tipo de acción mayor. Este punto está dentro de la zona denominada "óptima de rehabilitación", en la que inversiones relativamente pequeñas producen grandes beneficios. La estructura del pavimento y su calidad de rodaje no se han deteriorado severamente, el pavimento aún conserva buena parte de su resistencia original, y una adecuada acción de rehabilitación mejorará considerablemente su condición y estructura.

**Punto C:** La condición del pavimento ha caído en un estado crítico, tanto desde el punto de vista funcional como estructural. En este punto, normalmente, se requieren costosos trabajos de mantenimiento mayor, rehabilitación o reconstrucción. Recientes trabajos y observaciones han generalizado el siguiente concepto: la fase comprendida entre la puesta en servicio de un pavimento nuevo y el punto B representa aproximadamente una reducción de 40% de su calidad (de excelente a regular), consumiendo un 75% de la vida del pavimento en términos de repeticiones de cargas (periodo de diseño). Desde este punto, en un 15% del:

### **Mantenimiento Menor**

#### **Sellado de grietas**

#### **Bacheo**

De emergencia

Bacheo superficial

De carpeta

#### **Profundo**

#### **Sello asfáltico localizado**

#### **Nivelación localizada**

#### **Fresado y/o texturización localizada**

#### **Mantenimiento mayor**

#### **Tratamientos superficiales**

## **Capas asfálticas**

De nivelación

De fricción y/o sello

Estructurales

## **Remoción por fresado**

### **Reciclado**

En frío

En caliente

## **Separación de la junta longitudinal**

Corresponde a una abertura de la junta longitudinal del pavimento. Este tipo de daño se presenta en todos los tipos de pavimentos rígidos.

### **Posibles causas**

Contracción o expansión diferencial de losas debido a la ausencia de barras de anclajes entre carriles adyacentes.

Desplazamiento lateral de las losas motivado por un asentamiento diferencial en la subrasante.

## **Grietas**

### **Grietas de esquina**

Es una fisura que intersecta la junta o borde que delimita la losa a una distancia menor de 1.30 m a cada lado medida desde la esquina. Las fisuras de esquina se extienden verticalmente a través de todo el espesor de la losa.

### **Posibles causas**

Son causadas por la repetición de cargas pesadas (fatiga del hormigón) combinadas con la acción drenante, que debilita y erosiona el apoyo de la fundación, así como también por

una deficiente transferencia de cargas a través de la junta, que favorece el que se produzcan altas deflexiones de esquina.

**Fig. 8:** Sellado de juntas



Fuente: Diseño de carreteras, James Cárdenas

### **Reparación en todo el espesor**

Los siete pasos principales en la ejecución de una reparación de espesor completo son:

Aislamiento del área deteriorada, usando cortes de sierra a todo el espesor de la losa.

Remover el pavimento deteriorado preferiblemente levantándolo por medio de cadenas de acero conectadas a pernos de levantamiento.

A veces las juntas del hormigón están tan deterioradas que hacen insegura su remoción por levantamiento. En estos casos es necesario romper el hormigón deteriorado en pequeños fragmentos que pueden ser retirados por retroexcavadoras y herramientas manuales.

Reparación de la sub-base y drene el agua lluvia si fuese necesario, si la remoción dañó la sub-base será necesario agregar y compactar nuevos materiales para la sub-base. Compactar por medio de compactadores vibrantes de plato pequeños que pueden maniobrase en el área confinada de reparación.

Realizar una perforación para la colocación de barras de traspaso de cargas las cuales serán empotradas a la losa antigua mediante una lechada de cemento con un aditivo expansor. Estas barras de traspaso de cargas deben quedar espaciadas a 30 cm entre sí.

Antes de vaciar el hormigón verificar que las caras de las losas estén libres de humedad y limpias de polvo u otro material extraño; luego de esto vaciar el hormigón uniformemente para evitar en paleo excesivo para la posterior vibración, acabado y texturizado.

Se procede después al curado y aislado de la superficie.

Selle de los perímetros de reparación.

**Fig. 9:** Reparación de espesor



Fuente: Diseño de carreteras, James Cárdenas

### **Reparación de espesor parcial**

Definir el área a remover (entre 80 a 100 mm más allá de las áreas afectada).

Definir áreas cuadradas y rectangulares para que la remoción del concreto sea más fácil.

Pintar los límites de remoción.

Efectuar un corte con una sierra alrededor del perímetro del área a reparar. El corte de la sierra debe tener una profundidad mínima de 50 mm.

La superficie se debe remover en una profundidad mínima de 40 mm con herramientas neumáticas ligeras hasta que quede expuesto el concreto sano.

Retirar los escombros con herramientas manuales cincelado una vez que se haya utilizado las herramientas neumáticas livianas.

Como nuestra remoción se efectúa cerca de una junta longitudinal y transversal, antes de verter el concreto se debe colocar un inserto incomprensible para evitar la adherencia entre tableros adyacentes; y entre la superficie de contacto inferior una lechada de relación 1: 1 de agua: cemento.

El hormigón debe colocarse y luego vibrarse, de manera que quede a nivel con el resto del pavimento. La terminación debe ser mediante un platachado y finalizando con una textura superficial similar a la del resto, de manera que el parche se mimetice.

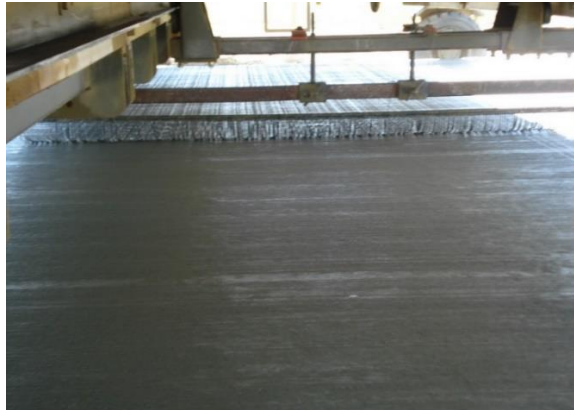
Se debe proceder al curado y sellado de juntas.

### **Cepillado de la superficie**

Antes de iniciar los trabajos se requiere de señalización de seguridad para trabajos en pista. La zona a intervenir deberá ser cepillada hasta que la superficie del pavimento a ambos lados de una junta transversal o grieta esté en el mismo plano. La operación debe terminar en un pavimento que cumpla con una sección transversal típica. En esencia, se desea que el cepillado elimine el escalonamiento en juntas y grietas, que los conjuntos de todas las variables relacionadas con la calidad del rodado queden dentro de los límites permitidos, es decir, como máximo 6 mm de diferencia entre losas de hormigón. El equipo básico para este trabajo es la cepilladora. Esta es una máquina específicamente diseñada para suavizar y mejorar la textura para pavimentos de hormigón de cemento mediante estrellas diamantadas. El equipo debe ser de un tamaño tal que permita cortar o rasar a lo menos 90 mm de ancho. Su funcionamiento exige una revisión periódica, especialmente en los se refiere a la circularidad de sus ruedas. Cualquier anomalía en este último sentido debe ser corregida de inmediato. Se requiere un recipiente con agua, ya que la cepilladora requiere de esta para evitar el desgaste mayor de las estrellas, así como para humedecer la superficie y evitar que el hormigón desbastado con el viento se suspenda en el aire, provocando problemas de visibilidad para los vehículos que circulan por las vías laterales. También se necesita de escobillones y palas para retirar los restos de polvo provocados por el cepillado.



**Fig. 10:** Cepillado de la superficie



Fuente: Diseño de carreteras, James Cárdenas

## **2.3 PAVIMENTO REFORZADO**

### **2.3.1 Concepto**

Contienen acero de refuerzo y pasa-juntas en las juntas de contracción. Estos pavimentos se construyen con separaciones entre juntas superiores a las utilizadas en pavimentos convencionales. Debido a ello es posible que entre las juntas se produzcan una o más fisuras transversales, las cuales se mantienen prácticamente cerradas a causa del acero de refuerzo, lográndose una excelente transferencia de carga a través de ellas.

### **2.3.2 Tipos de reforzamientos en los pavimentos**

## **2.4 GEOSINTÉTICOS**

### **2.4.1 Definición**

Los Geosintéticos por definición pueden resumirse como un grupo de materiales fabricados a partir de la transformación industrial de ciertas sustancias químicas llamadas polímeros, que desde su forma elemental, de polvos o gránulos son transformados en fibras, láminas, perfiles, películas, tejidos o mallas.

Otra de las características particulares de los **Geosintéticos** consiste en que su aplicación se relaciona con la actividad de la construcción, por lo que participan como parte en cierto modo indispensable e integral de estructurarse utilizan materiales de construcción tradicionales, como suelos, roca, asfaltos y casi todo tipo de terrenos.

En todas las estructuras mencionadas, los **Geosintéticos** complementan conservan o mejoran el funcionamiento de los sistemas constructivos y en algunos de los casos hacen de completo sustitutivo de ciertos materiales y procesos de la construcción tradicional.

#### 2.4.2 Funciones principales de los Geosintéticos

Básicamente existen dos funciones principales dentro de las funciones de los **Geosintéticos**:

##### A) Funciones hidráulicas:

**Drenar:** Permitir la circulación de un fluido en el plano de los **Geosintéticos**.

**Filtrar:** Permitir la circulación de un fluido a través de los **Geosintéticos**.

**Impermeabilizar:** No permitir el paso de un fluido a través de los **Geosintéticos**.

##### B) Funciones mecánicas

**Separar:** No permitir en ningún momento la mezcla de distintos tipos de suelo.

**Reforzar:** Aumentar la resistencia del terreno para que no se presente problemas.

**Proteger:** Producir un efecto colchón sobre las láminas de impermeabilización, protegiéndolas contra posibles punzonamientos.

#### 2.4.3 Componentes de los Geosintéticos

Los plásticos son los componentes principales en los Geosintéticos, en la actualidad muchas industrias sustituyen ventajosamente materiales tradicionales tales como agregados, suelos, metal, vidrio, etc, por materiales plásticos, que poseen en general las siguientes propiedades:

- Lijereza, existiendo materiales menos densos que el agua.
- Ductibilidad.
- Maleabilidad.
- Elevada elasticidad.
- Resistencia mecánica.
- Resistencia de agentes químicos, la cual varía dependiendo del material.
- Posibilidad de mejorar sus propiedades mediante aditivos o procesos mecánico-térmico.

- Rangos variables de resistencia al interperismo, existiendo algunos que deben ser protegidos y otros que pueden ser expuestos a la intemperie por lapsos largos, sin experimentar deterioro.
- Baja absorción de agua.
- Resistencia ala biodegradación, la cual varía según el material de que se trate.

La familia de los plásticos es muy extensa. Los productos de esta naturaleza que se utilizan para fabricar Geosintéticos es apenas una pequeña fracción de los polímeros que se utilizan en la sociedad moderna.

En general, las propiedades específicas de un plástico dependen de la combinación de muchas variables, las cuales son, entre otras:

- Naturaleza química: Grupos funcionales, peso molecular, dispersión del peso molecular, ramificaciones de la cadena principal, incorporación química.
- Historia de esfuerzos, temperaturas y exposición de agentes ambientales durante su vida útil.
- Procesos de transformación o formado.
- Proceso de acabado.

Es importante hacer notar que el nombre genérico de un plástico o pilomero tal como **polipropileno de alta densidad, poliéster, etc.** No es suficiente para caracterizarlo de manera completa, porque bajo la misma denominación pueden producirse diversos productos, con propiedades diferentes.

#### 2.4.4 Clasificación de los Geosintéticos

**Tabla N° 3 Clasificación de los Geosinteticos**

	<b>Geotextiles</b>	<b>Geocompuestos</b>	<b>Geomembranas</b>	<b>Geomallas</b>
Separación	X			
Filtración	X	X		
Refuerzo	X			X
Drenaje	X	X		
Protección	X			
Barrera	X		X	

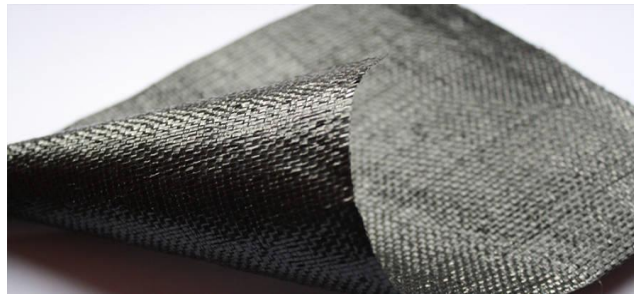
Fuente: Geotextiles, Norly Belandria

## 2.5 GEOTEXTILES

Los geotextiles son telas con diversas estructuras, cuyos elementos individuales son fibras, filamentos, o cintas de plásticos, que, siguiendo diversos patrones de distribución de sus elementos individuales, se reúnen y entrelazan entre sí por medio de diversos procesos que les someten a acciones mecánicas, térmicas, químicas, o variables de ellas, obteniendo así, estructuras continuas, relativamente delgadas, porosas y permeables en formas de hojas, que tienen resistencia en su plano.

El más importante de los geotextiles son los no tejidos punzados, la unión entre sus fibras se logra mediante entrelazamiento por la acción de agujas, con lo que se obtienen estructuras adaptables, pues sus fibras tienen una relativa libertad de movimiento entre sí, lo que genera una importante elongación inicial, antes de entrar en tensión lo que le permite adaptarse a superficies irregulares, sin ser dañados. Además, poseen muy alta porosidad y permeabilidad siendo filtros muy eficientes. Son resistentes al bloqueo de sus poros con suelo bien graduado.

**Fig. 11:** Geotextiles



Fuente: Diseño de carreteras, James Cárdenas

**Fig. 12:** Geotextil puesta en obra



Fuente: Diseño de carreteras, James Cárdenas

### 2.5.1 Funciones de los geotextiles

Capacidad filtrante: Retiene las partículas de grano fino en el momento que fluye el agua de la capa de grano fino a la capa de grano grueso.

Capacidad de separación: Evita la mezcla de materiales por medio de la separación del suelo en diferentes propiedades físicas. El geotextil soporta cargas estáticas y dinámicas del material de aporte y del tráfico durante su colocación.

Capacidad drenante: En este caso, el geotextil efectúa el paso del agua de un lugar a otro eliminándose por evacuación.

Capacidad protectora: El geotextil impide roturas en las membranas y otros productos relacionados contra la perforación y el desgaste.

Capacidad de refuerzo: Incrementa la firmeza y la estabilidad del suelo a la construcción. Realiza un trabajo de equilibrar las cargas sobre una superficie extensa menguando el nivel de cargas.

### 2.5.2 Geotextil según método de fabricación

Tanto los geotextiles como sus productos relacionados se fabrican por medio de diferentes procesos y todos quedan en forma de hilos y por un determinado número de fibras.

**Geotextil no tejido:** Se trata de un material plano formado por filamentos aleatorios y unidos mediante procesos químicos o mecánicos. Al tratarse de una alineación aleatoria de las fibras, éste presenta un carácter isótropo, es decir las fibras carecen de una única dirección. Su aplicación principal se da en drenaje, filtración y separación.

**Geotextil tejido:** Se obtiene al entrelazar dos o más elementos de fibras, hilos, filamentos u otros elementos en ángulo recto. Su utilidad viene dada principalmente por su excelente resistencia a la tracción y baja deformidad. Al contrario que con el geotextil no tejido, éste presenta anisotropía ya que poseen dos direcciones preferentes entre sí. Dentro de los geotextiles tejidos englobamos tres tipos o categorías:

- Monofilamento o filamento sencillo.
- Multifilamento o filamento múltiple.
- Hilo de fibra corta.

### 2.5.3 Geomembranas

Las geomembranas son láminas impermeables que se emplean como barreras hidráulicas.

Las geomembranas se fabrican en diversos espesores y se empaican como rollos que se unen mediante técnicas de termofusión, soldadura, adhesivos, vulcanizado, etc. Existen diferentes tipos de geomembranas, las más conocidas son las de HDPE ya que son muy resistentes al paso del tiempo y se utilizan en labores de impermeabilización como en la construcción de balsas o embalses. También existen otros productos como las láminas de EDPM o de polietileno que servirán para otras aplicaciones, principalmente en la impermeabilización de cubiertas, protección de terrenos en la agricultura o protección e impermeabilización de fachadas. Las láminas impermeables presentan entre sus cualidades una gran resistencia al ataque de agentes químicos y rayos U.V., actúan como barrera contra el paso de líquidos y gases, resistencia al impacto, a ácidos y a temperaturas extremas.

**Fig. 13:** Geomembrana



Fuente: Geosintéticos, Yadirai Mora García

**Fig. 14:** Geomembrana puesta en obras



Fuente: Geosintéticos, Yadirai Mora García

#### 2.5.4 Geocompuestos

Los geocompuestos son el resultado de combinar dos o más materiales y sus funcionalidades más comunes se aplican en áreas de drenaje para caminos, carreteras y estructuras de retención

#### 2.5.5 Aplicaciones y funciones

**Vertederos:** El geocompuesto puede usarse para la formación del vaso como para el sellado del vertedero. El geotextil y la geored posibilitan drenar líquidos y gases aliviando tensiones en la superficie del vertedero, evitando deformaciones y den lugar a fugas.

Balsas de agua

Depósitos, tanques y residuos líquidos

Sellado de vertederos

Túneles y taludes

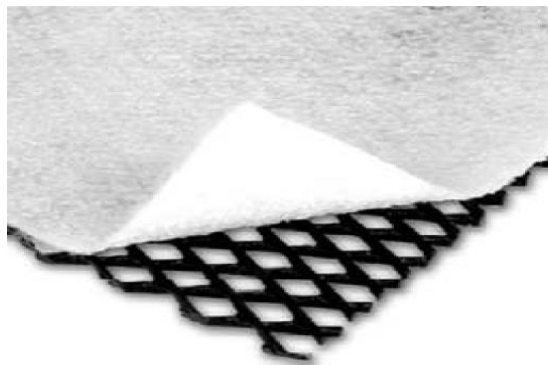
Consolidación de márgenes

Parkings

Lagos y campos de golf

El tejido técnico del geotextil además de evitar la acumulación de sedimentos en la geored, también cumple la función de protección

**Fig. 15:** Geocompuestos



Fuente: Geosintéticos, Yadirai Mora García

**Fig. 16:** Geocompuesto puesta en obra



Fuente: Geosintéticos, Yadirai Mora García

### **Geomallas**

Las geomallas son materiales Geosintéticos que consisten en una superficie uniforme formada principalmente por poliéster, polipropileno y/o polietileno de alta intensidad presentadas en forma de rectángulo en forma de tiras y unidas por un punto llamado nodo.

**Fig. 17:** Geomallas



Fuente: Geosintéticos, Yadirai Mora García

## **2.6 TIPOS DE GEOSINTÉTICOS**

- Geotextiles.
- Geomallas.
- Georedes.
- Geomembranas.



- Geocompuestos.
- Revestimientos Geosintéticos de arcilla.
- Geoceldas.
- Geoespumas.

### **2.6.1 Geotextiles**

Mantas de fibras o hilos tejidos, las mantas son flexibles y permeables y generalmente tienen la apariencia de un tejido son usados en aplicaciones de separación, filtración, drenaje, refuerzo y control de erosión.

### **2.6.2 Geomallas**

Materiales Geosintéticos que tienen una apariencia de malla abierta, su principal aplicación de las geomallas es el refuerzo de los suelos.

### **2.6.3 Georedes**

Materiales tipos mallas abiertas formados por dos conjuntos de hebras poliméricas gruesas y paralelas interactuando en un ángulo constante, la malla forma una manta con cierta porosidad que se usa para llevar relativamente grandes cantidades de fluidos o gases internamente.

### **2.6.4 Geomembranas**

Laminados continuos y flexibles elaborados de uno o más materiales sintéticos, estos son relativamente impermeables y son usados como revestimientos de fluidos y gases y como barreras de vapor.

### **2.6.5 Geocompuestos**

Son echos de dos o más Geosintéticos.

### **2.6.6 Geoceldas**

Redes tridimensionales relativamente gruesas construidas por tiras de planchas de polímero, las tiras son juntadas para formar celdas interconectadas que son rellenas con suelos y ocasionalmente concreto.

### **2.6.7 Geoespumas**

Bloques o tablas creados por expansión de espuma de poliestireno para formar una red de baja densidad de celdas cerradas llenas de gas, son usadas como aislante térmico, para reducir presiones de tierra contra paredes rígidas.

### **Geotextiles según su proceso de fabricación**

#### **Tejidos**

- La malla está tejida con fibras en dos direcciones, (trama y urdimbre)
- Pueden ser:
- Tejidos planos
- Tricotados

#### **No Tejidos**

Fibras entrelazadas en forma aleatoria ligadas mediante procesos mecánicos, térmicos o químicos con filamento continuo

Pueden ser:

Agujados

Termosoldados

#### **Mixtos**

La malla se compone de fibras cortadas.

Pueden ser:

- Agujados.
- Agujados y Termosellados.

## **2.7 PROPIEDADES DE LOS GEOTEXTILES**

El geotextil es una malla compuesta por fibras sintéticas cuyas funciones principales se basan en su resistencia mecánica a la perforación y tracción, y a su capacidad drenante.

Sirven en la construcción de sub-bases de carreteras y ferrocarriles, en presas, evitan posibles erosiones realizan funciones de drenaje en canales, muros de contención, etc.

Los geotextiles sirven para separar tierras de diferente granulometría estabilizando el terreno, para protección de láminas impermeabilizantes.

Otras Normas de referencia a los campos de aplicación de los geotextiles son:

### **2.7.1 Funciones principales de los Geosintéticos en pavimentos flexibles**

A continuación, vemos las funciones que desempeñan los geotextiles en campo:

#### **Separación**

La Separación impide el contacto entre dos superficies de distintas propiedades físicas, lo cual evita su mezcla y contaminación, aunque permite el flujo libre de líquidos filtrándolos a través del geotextil, puede ser entre dos capas diferentes: p. ej. de suelo aportado o entre suelo natural y de aporte.

Para evitar la mezcla de materiales debe soportar las cargas estáticas y dinámicas del material de aporte y del tráfico durante su colocación, así como también la retención de finos.

El polipropileno lo mantiene estable ante la alcalinidad del cemento e inerte frente a los diversos elementos químicos presentes en el terreno.

En la función de Separación deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

Resistencia a la tracción

Resistencia al punzonamiento

Elongación a la rotura

Perforación dinámica por caída libre de cono

Abertura de poros eficaz

Espesor del geotextil

### **2.7.2 Filtración**

La Filtración es la propiedad de retención de un material de ciertas partículas sometidas a fuerzas hidrodinámicas al tiempo que permite el pasaje de fluidos. La función de filtro debe garantizar su estabilidad hidráulica.

En esta función de filtración deben tenerse en cuenta los siguientes parámetros:

Permeabilidad

Abertura eficaz de los poros

Espesor del geotextil

### **2.7.3 Drenaje**

El Drenaje es el proceso mediante el cual se realiza el pasaje de un lugar a otro de un fluido (líquido o gas), evacuándolo. De esta manera se efectúa la eliminación por evacuación en el espesor del geotextil sin producir el lavado de finos.

En esta función de drenaje deben tenerse en cuenta los siguientes parámetros:

Permeabilidad en el plano del geotextil

Espesor del geotextil

### **2.7.4 Refuerzo**

El Refuerzo del geotextil se consigue por las propiedades que poseen ciertos geotextiles, mejorando sus propiedades mecánicas y disminuyendo el nivel de cargas sobre el terreno porque realiza un trabajo de homogeneizar las cargas sobre una superficie extensa.

Consideramos dos tipos de refuerzos:

Refuerzo en la tracción, eliminando las fuerzas de vuelco. Por ej.: en muros de contención, por intercalación del geotextil hacia el interior del muro.

Estabilización del suelo mediante confinamiento de partículas evacuando por supresión el agua contenida.

En esta función de refuerzo deben tenerse en cuenta los siguientes parámetros:

Curva de deformación.

Resistencia mecánica a la tracción, punzonamiento y desgarro.

Fluencia, fatiga y fricción contra el terreno.

### **2.7.5 Protección**

La función de Protección permite que el sistema geotécnico no se deteriore. El geotextil actúa protegiendo geomembranas impermeables; de modo que impide que se produzcan daños mecánicos de abrasión o punzonamiento.

En esta función de Protección deben tenerse en cuenta los siguientes parámetros:

Resistencia al punzonamiento.

Perforación dinámica por caída libre de cono.

Espesor (efecto colchón para protección de la geomembrana).

**CAPÍTULO III**

**ANÁLISIS SOBRE EL DISEÑO**

**DE PAVIMENTOS**

**REFORZADOS UTILIZANDO**

**GEOSINTÉTICOS ENTRE**

**CAPAS DE PAVIMENTO**

## CAPÍTULO III

### ANÁLISIS SOBRE EL DISEÑO DE PAVIMENTOS REFORZADOS UTILIZANDO GEOSINTÉTICOS ENTRE CAPAS DE PAVIMENTO

#### 3 INTRODUCCIÓN

En el presente tema Análisis sobre el diseño de pavimentos reforzados utilizando Geosintéticos entre capas de pavimento, se pretende realizar un reforzamiento a los pavimentos flexibles que presenten deterioros o fisuras para darles una vida útil prolongada y de esa manera reducir los mantenimientos constantes a corto plazo.

Para eso se utilizó un programa de manejo de Geotextiles Pavco, en el cual se eligió un método de diseño con geotextil:

Estabilidad de subrasante con Geosintético

#### 3.1 Laboratorios realizados.

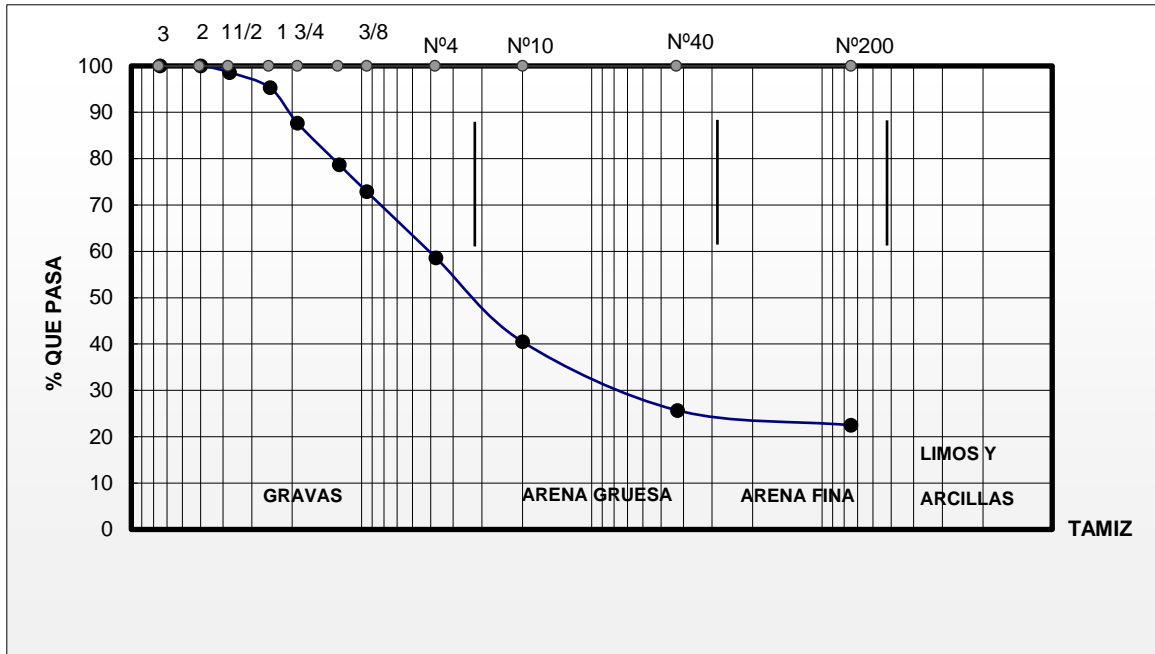
##### 3.1.1 Granulometría: Capa Base

Tabla N°4: Granulometría capa base

Peso total (gr.)			5000	A.S.T.M.	
Tamices	Tamaño (mm)	Peso ret. (gr)	Ret. acum (gr)	% Ret	% Que pasa del total
3"	75	0.00	0.00	0.00	<b>100.00</b>
2"	50	0.00	0.00	0.00	<b>100.00</b>
1 1/2"	37.50	70.00	70.00	1.40	<b>98.60</b>
1"	25.00	165.00	235.00	4.70	<b>95.30</b>
3/4"	19.00	380.00	615.00	12.30	<b>87.70</b>
1/2"	12.50	450.00	1065.00	21.30	<b>78.70</b>
3/8"	9.50	290.00	1355.00	27.10	<b>72.90</b>
N°4	4.75	715.00	2070.00	41.40	<b>58.60</b>
N°10	2.00	905.00	2975.00	59.50	<b>40.50</b>
N°40	0.425	740.00	3715.00	74.30	<b>25.70</b>
N°200	0.075	160.00	3875.00	77.50	<b>22.50</b>
Base		0.00	3875.00	77.50	<b>22.50</b>

Fuente: Elaboración propia

Gráfica N°1: Capa Base



Fuente: elaboración propia

### 3.1.2 Granulometría Capa sub – base

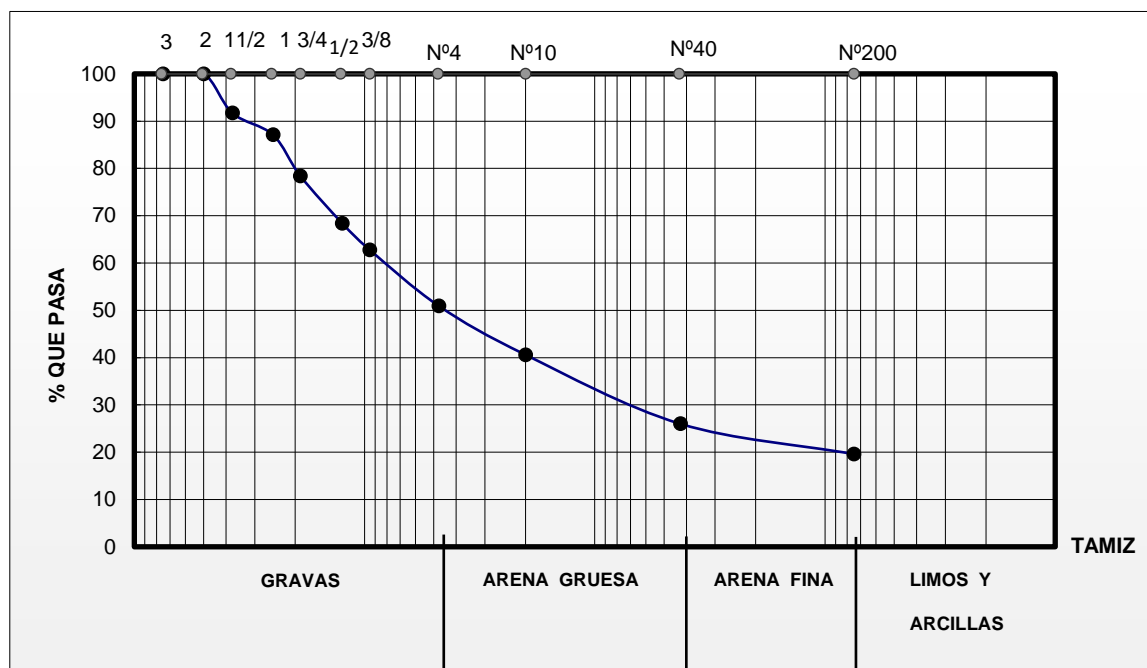
Tabla N°5: Granulometría sub – base

Peso total (gr.)			5000	A.S.T.M.	
Tamices	Tamaño (mm)	Peso ret. (gr)	Ret. acum (gr)	% Ret	% Que pasa del total
3"	75	0.00	0.00	0.00	<b>100.00</b>
2"	50	0.00	0.00	0.00	<b>100.00</b>
1 1/2"	37.50	415.00	415.00	8.30	<b>91.70</b>
1"	25.00	230.00	645.00	12.90	<b>87.10</b>
3/4"	19.00	435.00	1080.00	21.60	<b>78.40</b>
1/2"	12.50	500.00	1580.00	31.60	<b>68.40</b>
3/8"	9.50	280.00	1860.00	37.20	<b>62.80</b>
N°4	4.75	595.00	2455.00	49.10	<b>50.90</b>
N°10	2.00	515.00	2970.00	59.40	<b>40.60</b>
N°40	0.425	730.00	3700.00	74.00	<b>26.00</b>
N°200	0.075	320.00	4020.00	80.40	<b>19.60</b>
Base		0.00	4020.00	80.40	<b>19.60</b>

Fuente: Elaboración propia



Gráfica N°2: Capa sub - base



Fuente: Elaboración propia

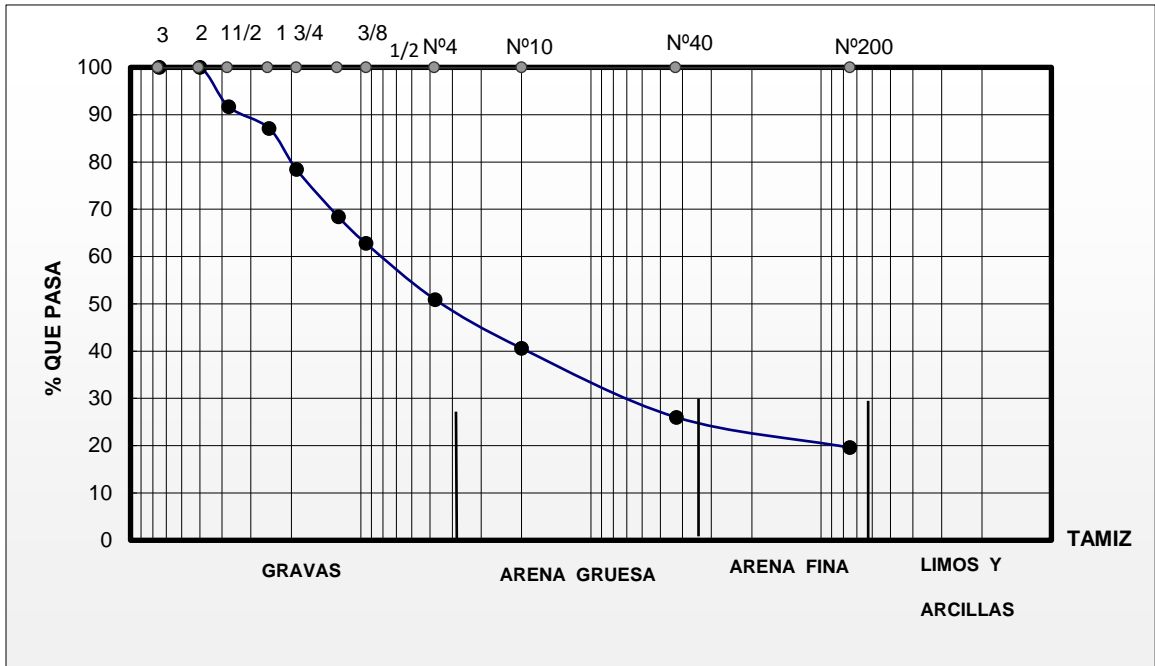
### 3.1.3 Granulometría Capa subrasante

Tabla N°6: Granulometría subrasante

Peso total (gr.)			5000	A.S.T.M.		
Tamices	Tamaño (mm)	Peso ret. (gr)	Ret. acum (gr)	% Ret	% Que pasa del total	
3"	75	0.00	0.00	0.00	<b>100.00</b>	
2"	50	0.00	0.00	0.00	<b>100.00</b>	
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	0.00	<b>100.00</b>	
1"	25.00	0.00	0.00	0.00	<b>100.00</b>	
3/4"	19.00	25.00	25.00	0.50	<b>99.50</b>	
1/2"	12.50	15.00	40.00	0.80	<b>99.20</b>	
3/8"	9.50	1.00	41.00	0.82	<b>99.18</b>	
N°4	4.75	20.00	61.00	1.22	<b>98.78</b>	
N°10	2.00	35.00	96.00	1.92	<b>98.08</b>	
N°40	0.425	310.00	406.00	8.12	<b>91.88</b>	
N°200	0.075	205.00	611.00	12.22	<b>87.78</b>	
Base		0.00	611.00	12.22	<b>87.78</b>	

Fuente: Elaboración propia

Gráfica N°3: Capa subrasante



Fuente: Elaboración propia

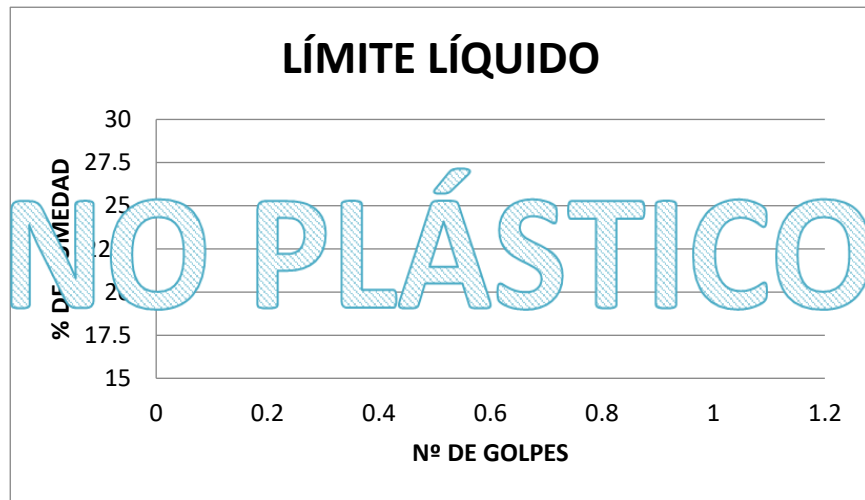
### 3.2 LIMITES

Tabla N°7: Limites

Capsula N°	1	2	3	4
N° de golpes				
Suelo húmedo + Cápsula				
Suelo seco + cápsula				
Peso del agua				
Peso de la cápsula				
Peso Suelo seco				
Porcentaje de humedad				

Fuente: Elaboración propia

Gráfica N°4: Límites



Fuente: Elaboración propia

Nota no se llenó la tabla N° 7 debido a que el suelo utilizado no cuenta con límites

**Ninguna capa cuenta con límites**

### 3.3 HUMEDAD NATURAL

#### 3.3.1 Humedad Capa base

Tabla N°8: Humedad natural capa base

<b>Humedad natural</b>			
Cápsula	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Peso de suelo húmedo + cápsula	113.52	114.72	120.14
Peso de suelo seco + cápsula	113.16	114.32	119.74
Peso de cápsula	11.49	12.11	12.43
Peso de suelo seco	101.67	102.21	107.31
Peso del agua	0.36	0.4	0.4
Contenido de humedad	0.35	0.39	0.37
Promedio	<b>0.37</b>		

<b>Clasificación del suelo</b>		<b>Descripción</b>
<b>SUCS:</b>	GM	Mezcla de Gravas, arena y limo, con poca presencia de arcilla
<b>AASHTO:</b>	A-1-b (0)	

Fuente: Elaboración propia

### 3.3.2 Humedad Capa sub – base

Tabla N°9: Humedad natural capa sub - base

<b>Humedad natural</b>			
Cápsula	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Peso de suelo húmedo + Cápsula	147.61	164.56	163.84
Peso de suelo seco + Cápsula	147.36	164.07	163.50
Peso de cápsula	12.49	12.38	12.81
Peso de suelo seco	134.87	151.69	150.69
Peso del agua	0.25	0.49	0.34
Contenido de humedad	0.19	0.32	0.23
Promedio	<b>0.24</b>		

<b>Clasificación del suelo</b>		<b>Descripción</b>
<b>SUCS:</b>	GM	Mezcla de Gravas, arena y limo, con poca presencia de arcilla.
<b>AASHTO:</b>	A-1-b (0)	

Fuente: Elaboración propia

### 3.3.3 Humedad Capa subrasante

Tabla N°10: Humedad natural capa subrasante

<b>Humedad natural</b>			
Cápsula	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Peso de suelo húmedo + Cápsula	118.15	120.56	113.21
Peso de suelo seco + Cápsula	117.11	119.26	112.14
Peso de cápsula	12.91	12.83	12.72
Peso de suelo seco	104.2	106.43	99.42
Peso del agua	1.04	1.3	1.07
Contenido de humedad	1.00	1.22	1.08
Promedio	<b>1.10</b>		

<b>Clasificación del suelo</b>		<b>Descripción</b>
<b>SUCS:</b>	ML	Arenas limosas con poca o nada presencia de arcilla
<b>AASHTO:</b>	A-4 (0)	

Fuente: Elaboración propia

### 3.4 COMPACTACIÓN

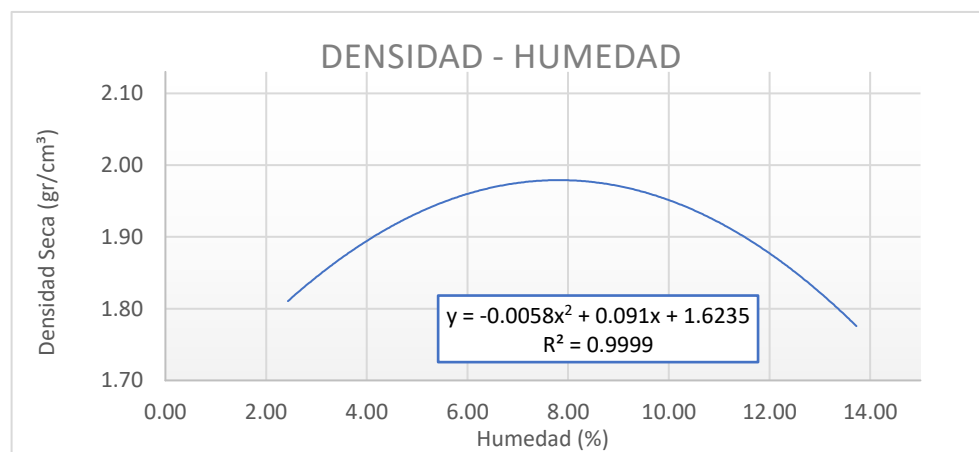
#### 3.4.1 Compactación Capa Base

Tabla N°11: Compactación capa base

Ensayo	1	2	3	4
N° de capas	5	5	5	5
N° de golpes por capa	56	56	56	56
Peso molde + suelo húmedo (gr)	10318	10746	10903	10657
Peso molde (gr)	6490	6490	6490	6490
Peso suelo húmedo (gr)	3828	4256	4413	4167
Volumen de la muestra (cm <sup>3</sup> )	2063.6	2063.6	2063.6	2063.6
Densidad de suelo húmedo (gr/cm <sup>3</sup> )	1.85	2.06	2.14	2.02
Capsula N°	1	2	3	4
Peso de suelo húmedo + cápsula (gr)	48.95	86.09	56.86	90.96
Peso de suelo seco + cápsula (gr)	48.08	82.44	54.08	81.97
Peso del agua (gr)	0.87	3.65	2.78	8.99
Peso de la cápsula (gr)	12.34	18.25	19.36	16.48
Peso de suelo seco (gr)	35.74	64.19	34.72	65.49
Contenido de humedad (%)	2.43	5.69	8.01	13.73
Densidad de suelo seco (gr/cm <sup>3</sup> )	1.81	1.95	1.98	1.78

Fuente: Elaboración propia

Gráfica N°5: Compactación capa base



Fuente: Elaboración propia

Humedad óptima 7.84 %

Densidad máxima **1.98 gr/cm<sup>3</sup>**

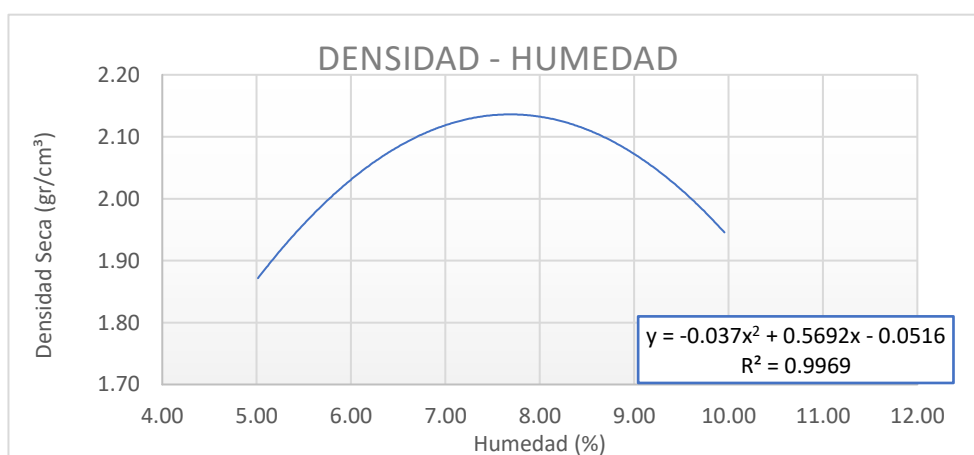
### 3.4.2 Compactación Capa sub – base

Tabla N°12: Compactación capa sub - base

Ensayo	1	2	3	4
N° de capas	5	5	5	5
N° de golpes por capa	56	56	56	56
Peso molde + suelo húmedo (gr)	10425	10981	11084	10796
Peso molde (gr)	6375	6375	6375	6375
Peso suelo húmedo (gr)	4050	4606	4709	4421
Volumen de la muestra (cm <sup>3</sup> )	2063.6	2063.6	2063.6	2063.6
Densidad de suelo húmedo (gr/cm <sup>3</sup> )	1.96	2.23	2.28	2.14
Capsula N°	1	2	3	4
Peso de suelo húmedo + cápsula (gr)	75.34	76.55	71.73	68.95
Peso de suelo seco + cápsula (gr)	72.47	72.87	67.35	64.14
Peso del agua (gr)	2.87	3.68	4.38	4.81
Peso de la cápsula (gr)	15.23	16.64	15.98	15.83
Peso de suelo seco (gr)	57.24	56.23	51.37	48.31
Contenido de humedad (%)	5.01	6.54	8.53	9.96
Densidad de suelo seco (gr/cm <sup>3</sup> )	1.87	2.09	2.10	1.95

Fuente: Elaboración propia

Gráfica N°6: Compactación capa sub -base



Fuente: Elaboración propia

Densidad Máxima	<b>2.24 gr/cm<sup>3</sup></b>
Humedad Óptima	<b>7.69 %</b>

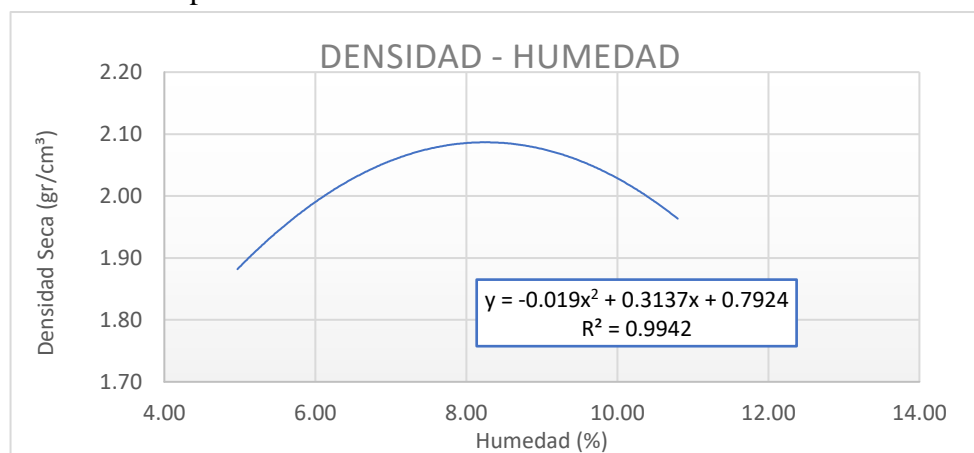
### 3.4.3 Compactación Capa subrasante

Tabla N°13: Compactación capa subrasante

Ensayo	1	2	3	4
N° de capas	5	5	5	5
N° de golpes por capa	56	56	56	56
Peso molde + suelo húmedo (gr)	10582	11106	11155	11007
Peso molde (gr)	6510	6510	6510	6510
Peso suelo húmedo (gr)	4072	4596	4645	4497
Volumen de la muestra (cm <sup>3</sup> )	2063.6	2063.6	2063.6	2063.6
Densidad de suelo húmedo (gr/cm <sup>3</sup> )	1.97	2.23	2.25	2.18
Capsula N°	1	2	3	4
Peso de suelo húmedo + cápsula (gr)	103.21	98.53	107.05	118.89
Peso de suelo seco + cápsula (gr)	99.14	92.99	99.44	108.97
Peso del agua (gr)	4.07	5.54	7.61	9.92
Peso de la cápsula (gr)	17.22	16.87	16.54	17.11
Peso de suelo seco (gr)	81.92	76.12	82.90	91.86
Contenido de humedad (%)	4.97	7.28	9.18	10.80
Densidad de suelo seco (gr/cm <sup>3</sup> )	1.88	2.08	2.06	1.97

Fuente: Elaboración propia

Gráfica N°7: Compactación capa subrasante



Fuente: Elaboración propia

Densidad Máxima	<b>2.09 gr/cm<sup>3</sup></b>
Humedad Óptima	<b>8.26 %</b>

### 3.5 DISEÑO DE ESPESORES CON Y SIN GEOSINTETICOS

#### 3.5.1 Datos del diseño de espesores

Módulo resiliente:  $M_r = 1500 \times \text{CBR}$

Desviación estándar:  $S_o = 0.49$

Confiabilidad:  $R = 85\%$   $Z_i = 1.037$

Serviciabilidad inicial:  $\text{PSI inicial} = 4.2$

Serviciabilidad final:  $\text{PSI final} = 2$

Ejes equivalentes:  $W_{18} = 7322416$

$W_{18} = \text{TPD} \times 365 \times (1 + i)^n$

Donde:

TPD= Transporte medio diario

365= Días del año

i= Índice de crecimiento del parque automotor

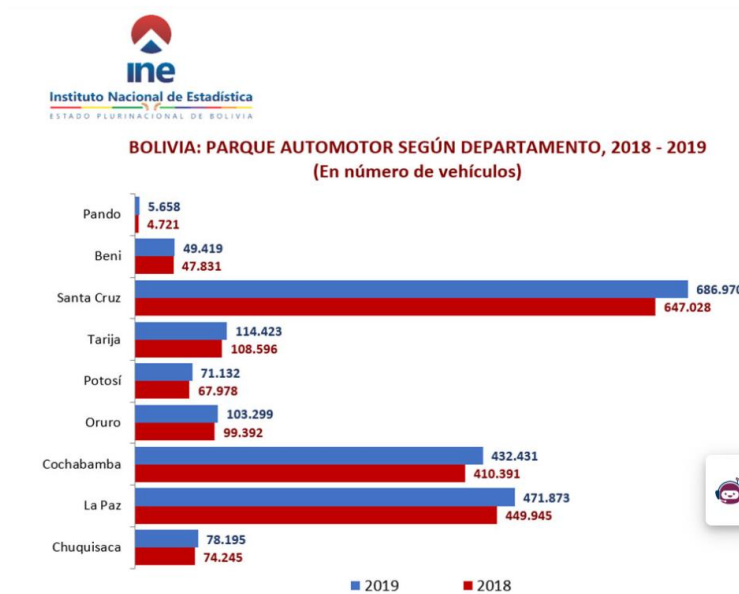
n= Número de años de vida del pavimento

- Índice de crecimiento del parque automotor de Tarija

Este dato es obtenido por la página de INE



Fig. 18: Índice de crecimiento vehicular



Fuente: Pagina de INE (instituto nacional de estadística)

### 3.5.2 Procedimiento del cálculo de espesores mediante el programa de AASHTO

#### Capa base

Tabla N°14: AASHTO capa base

**Método AASHTO para el diseño de pavimentos (1993)**  
Desarrollado por: Luis Ricardo Vásquez Varela. Ingeniero Civil. Manizales, 2006.

Tipo de pavimento:  Flexible  Rígido

Confianabilidad (R) y desviación estándar (So): 85 % Zr = -1.037 So: 0.49

Serviciabilidades inicial y final: PSI inicial: 4.2 PSI final: 2

Tránsito de diseño: W18: 7322416

**Pavimento flexible**

Capa	Módulo de elasticidad (psi)	Coefficiente de capa (ai)	Coefficiente de drenaje (mi)	SN necesario	Espesor D (plg.)	Espesor D* (plg.)	SN* dispuesto
1	435000	¿E/a?	0.440	1	¿m?	2.76	6.27 6.5 6.5 2.86
2	28000	¿E/a?	0.131	1	¿m?	3.52	5.04 5.5 6.0 0.79
3	14000	¿E/a?	0.100	1	¿m?	3.52	-1.26 0.0 0.0 0.00
4	13993	MR					3.65 OK 9.33E+006

W18 real: 9.33E+006

Cálculo de W18 para un SN: SN: W18:

Quitar el control de variables

Fuente: Programa de método de AASTHO para diseños de pavimentos

Gráfica N°8: Informe de resultados del método AASTHO capa base

Formato de respuestas

Copiar en el portapapeles Cancelar

GUÍA AASHTO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS (1993)  
 Por: Luis Ricardo Vásquez Varela. Ingeniero Civil. Manizales, Colombia. 2005.

PAVIMENTO FLEXIBLE

Confiabilidad : 85 % Zr = - 1.037  
 Desviación estándar (So) : 0.49  
 PSI inicial : 4.20  
 PSI final : 2.00  
 Tránsito de diseño (W18) : 7.322E+006  
 Módulo resiliente de la subrasante (Mr)-psi- : 1.399E+004

Capa	Módulo (psi)	a ( )	m ( )
1	4.350e+005	0.44	1.00
2	2.800e+004	0.13	1.00
3	1.400e+004	0.10	1.00

SN necesario: 3.52. SN dispuesto: 3.65

SN	D (plg)	D redon(plg)	D* (plg)	SN*
2.76	6.27E+00	6.50E+00	6.50E+00	2.86
3.52	5.04E+00	5.50E+00	6.00E+00	0.79
3.52	-1.26E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00

Tránsito real para la estructura dispuesta : 9.329E+006

Fuente: Programa AASHTO para diseño de pavimentos

Capa sub base sin Geosintético

Tabla N°15: AASHTO capa sub- base S/G

Método AASHTO para el diseño de pavimentos (1993) por Luis R. Vásquez

**Método AASHTO para el diseño de pavimentos (1993)**  
 Desarrollado por: Luis Ricardo Vásquez Varela. Ingeniero Civil. Manizales, 2006.

Tipo de pavimento:  Flexible  Rígido

Confiabilidad (R) y desviación estándar (So): 85 % Zr = - 1.037 So: 0.49

Serviciabilidades inicial y final: PSI inicial: 4.2 PSI final: 2

Tránsito de diseño: W18: 7322416

Capa	Módulo de elasticidad (psi)	Coefficiente de capa (ai)	Coefficiente de drenaje (mi)	SN necesario	Espesor D (plg.)	Espesor D* (plg.)	SN* dispuesto
1	435000	0.440	1	2.76	6.27	6.5	2.86
2	28000	0.131	1	3.52	5.04	5.5	0.79
3	14000	0.100	1	4.19	5.44	5.5	0.60
4	8373	MR					4.25 OK

W18 real: 8.18E+006

Cálculo de W18 para un SN: SN: W18:

Quitar el control de variables Salir

Fuente: Programa de método de AASTHO para diseños de pavimentos

Grafica N°9: Informe de resultados del método AASTHO capa sub-base S/G

Formato de respuestas

Copiar en el portapapeles Cancelar

GUÍA AASHTO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS (1993)  
 Por: Luis Ricardo Vásquez Varela. Ingeniero Civil. Manizales, Colombia. 2005.

PAVIMENTO FLEXIBLE

Confiabilidad : 85 % Zr = - 1.037  
 Desviación estándar (So) : 0.49  
 PSI inicial : 4.20  
 PSI final : 2.00  
 Tránsito de diseño (W18) : 7.322E+006  
 Módulo resiliente de la subrasante (Mr)-psi- : 8.373E+003

---

Capa	Módulo (psi)	a ( )	m ( )
1	4.350e+005	0.44	1.00
2	2.800e+004	0.13	1.00
3	1.400e+004	0.10	1.00

---

SN necesario: 4.19. SN dispuesto: 4.25

---

SN	D (plg)	D redon(plg)	D* (plg)	SN*
2.76	6.27E+00	6.50E+00	6.50E+00	2.86
3.52	5.04E+00	5.50E+00	6.00E+00	0.79
4.19	5.44E+00	5.50E+00	6.00E+00	0.60

---

Tránsito real para la estructura dispuesta : 8.176E+006

Fuente: Programa AASHTO para diseño de pavimentos

Capa sub-base con Geosintético

Tabla N°16: AASHTO capa sub- base C/G

Método AASHTO para el diseño de pavimentos (1993) por Luis R. Vásquez

**Método AASHTO para el diseño de pavimentos (1993)**  
 Desarrollado por: Luis Ricardo Vásquez Varela. Ingeniero Civil. Manizales, 2006.

Tipo de pavimento:  Flexible  Rígido

Confiabilidad (R) y desviación estándar (So): 85 % Zr = - 1.037 So: 0.49

Serviciabilidades inicial y final: PSI inicial: 4.2 PSI final: 2

Tránsito de diseño: W18: 7322416

Pavimento flexible

Capa	Módulo de elasticidad (psi)	Coefficiente de capa (ai)	Coefficiente de drenaje (mi)	SN necesario	Esesor D (plg.)	Esesor D* (plg.)	SN* dispuesto
1	435000	¿E/a?	0.440	1	¿m?	2.76	6.27 6.5 6.5 2.86
2	28000	¿E/a?	0.131	1	¿m?	3.52	5.04 5.5 6.0 0.79
3	14000	¿E/a?	0.100	1	¿m?	3.64	-0.06 0.0 0.0 0.00
4	12723	MR					3.65 OK 7.48E+006

W18 real: 7.48E+006

Cálculo de W18 para un SN: SN: W18:

Quitar el control de variables Salir

Fuente: Programa de método de AASTHO para diseños de pavimentos

Grafica N°10: Informe de resultados del método AASTHO capa sub-base C/G

Formato de respuestas

Copiar en el portapapeles Cancelar

GUÍA AASTHO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS (1993)  
 Por: Luis Ricardo Vásquez Varela. Ingeniero Civil. Manizales, Colombia. 2005.

PAVIMENTO FLEXIBLE  
 Confiabilidad : 85 % Zr = - 1.037  
 Desviación estándar (So) : 0.49  
 PSI inicial : 4.20  
 PSI final : 2.00  
 Tránsito de diseño (W18) : 7.322E+006  
 Módulo resiliente de la subrasante (Mr)-psi- : 1.272E+004

Capa	Módulo (psi)	a ( )	m ( )
1	4.350e+005	0.44	1.00
2	2.800e+004	0.13	1.00
3	1.400e+004	0.10	1.00

SN necesario: 3.64. SN dispuesto: 3.65

SN	D (plg)	D redon (plg)	D* (plg)	SN*
2.76	6.27E+00	6.50E+00	6.50E+00	2.86
3.52	5.04E+00	5.50E+00	6.00E+00	0.79
3.64	-6.00E-02	0.00E+00	0.00E+00	0.00

Tránsito real para la estructura dispuesta : 7.481E+006

Fuente: Programa AASTHO para diseño de pavimentos

Capa subrasante sin Geosintético

Tabla N°17: AASTHO capa subrasante S/G

Método AASTHO para el diseño de pavimentos (1993) por Luis R. Vásquez

**Método AASTHO para el diseño de pavimentos (1993)**  
 Desarrollado por: Luis Ricardo Vásquez Varela. Ingeniero Civil. Manizales, 2006.

Tipo de pavimento:  Flexible  Rígido

Confiabilidad (R) y desviación estándar (So): 85 % Zr = - 1.037 So: 0.49

Serviciabilidades inicial y final: PSI inicial: 4.2 PSI final: 2

Tránsito de diseño: W18: 7322416

Pavimento flexible

Capa	Módulo de elasticidad (psi)	Coefficiente de capa (ai)	Coefficiente de drenaje (mi)	SN necesario	Espesor D (plg.)	Espesor D* (plg.)	SN* dispuesto
1	435000	0.440	1	2.76	6.27	6.5	2.86
2	28000	0.131	1	3.52	5.04	5.5	0.79
3	14000	0.100	1	2.53	-11.16	0.0	0.00
4	35790	MR					3.65 OK

W18 real: 8.24E+007

Botones: Diseñar, Ver informe, Salir

Fuente: Programa de método de AASTHO para diseños de pavimentos

Grafica N°11: Informe de resultados del método AASTHO capa subrasante S/G

Formato de respuestas

Copiar en el portapapeles Cancelar

```

GUÍA AASTHO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS (1993)
Por: Luis Ricardo Vásquez Varela. Ingeniero Civil. Manizales, Colombia. 2005.

PAVIMENTO FLEXIBLE
Confiabilidad                : 85 %  Zr = - 1.037
Desviación estándar (So)    : 0.49
PSI inicial                  : 4.20
PSI final                   : 2.00
Tránsito de diseño (W18)    : 7.322E+006
Módulo resiliente de la subrasante (Mr)-psi- : 3.579E+004
=====
Capa  Módulo (psi)  a()  m()
=====
1      4.350e+005   0.44  1.00
2      2.800e+004   0.13  1.00
3      1.400e+004   0.10  1.00
=====
SN necesario: 2.53. SN dispuesto: 3.65
=====
SN  D (plg)  D redon(plg)  D*(plg)  SN*
=====
2.76  6.27E+00  6.50E+00     6.50E+00  2.86
3.52  5.04E+00  5.50E+00     6.00E+00  0.79
2.53  -1.12E+01  0.00E+00     0.00E+00  0.00
=====
Tránsito real para la estructura dispuesta : 8.243E+007
    
```

Fuente: Programa AASTHO para diseño de pavimentos

Capa subrasante con Geosintético

Tabla N°18: AASTHO capa subrasante C/G

Método AASTHO para el diseño de pavimentos (1993) por Luis R. Vásquez

**Método AASTHO para el diseño de pavimentos (1993)**  
 Desarrollado por: Luis Ricardo Vásquez Varela. Ingeniero Civil. Manizales, 2006.

Tipo de pavimento:  Flexible  Rígido

Confiabilidad (R) y desviación estándar (So): 85% Zr = -1.037 So: 0.49

Serviciabilidades inicial y final: PSI inicial: 4.2 PSI final: 2

Tránsito de diseño: W18: 7322416

Pavimento flexible

Capa	Módulo de elasticidad (psi)	Coefficiente de capa (ai)	Coefficiente de drenaje (mi)	SN necesario	Espesor D (plg.)	Espesor D* (plg.)	SN* dispuesto
1	435000	0.440	1	2.76	6.27	6.5	2.86
2	28000	0.131	1	3.52	5.04	5.5	0.79
3	14000	0.100	1	4.70	10.54	11.0	1.10
4	5848	MR					

W18 real: 4.75 OK 7.94E+006

Cálculo de W18 para un SN: SN: W18:

Quitar el control de variables Salir

Fuente: Programa de método de AASTHO para diseños de pavimentos

Grafica N°12: Informe de resultados del método AASTHO capa subrasante C/G

Formato de respuestas

Copiar en el portapapeles Cancelar

```

GUÍA AASTHO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS (1993)
Por: Luis Ricardo Vásquez Varela. Ingeniero Civil. Manizales, Colombia. 2005.

PAVIMENTO FLEXIBLE
Confiabilidad                : 85 %  Zr = - 1.037
Desviación estándar (So)    : 0.49
PSI inicial                  : 4.20
PSI final                    : 2.00
Tránsito de diseño (W18)    : 7.322E+006
Módulo resiliente de la subrasante (Mr)-psi- : 5.848E+003
=====
Capa  Módulo (psi)    a ( )    m ( )
=====
1      4.350e+005    0.44    1.00
2      2.800e+004    0.13    1.00
3      1.400e+004    0.10    1.00
=====
SN necesario: 4.70. SN dispuesto: 4.75
=====
SN      D (plg)    D redon(plg)    D*(plg)    SN*
=====
2.76   6.27E+00    6.50E+00    6.50E+00    2.86
3.52   5.04E+00    5.50E+00    6.00E+00    0.79
4.70   1.05E+01    1.10E+01    1.10E+01    1.10
=====
Tránsito real para la estructura dispuesta : 7.937E+006
    
```

Fuente: Programa AASTHO para diseño de pavimentos

Comparación de los espesores de las capas:

Después del uso de las tablas del programa AASTHO se pudo verificar que los espesores calculados son aceptables puesto que son coherentes si comparamos con espesores de proyectos ya realizados. Por ende, podríamos decir que se logró con el objetivo de este punto.

### 3.6 Ensayos de características Físico mecánicos del Geosintético

Para esta parte se realizó el ensayo de elasticidad del Geosintético mediante la máquina de AMSLER y una segunda máquina de carga del laboratorio de maderas.

Explicación de la practica:

Se realizo 5 ensayos a distintas fuerzas aplicadas y diferentes medidas de longitud del Geosintético, lo que primeramente se realiza es la aplicación de las pinzas de la máquina AMSLER a ambos extremos del geosintético (arriba y abajo), una vez colocado el Geosintético encendemos la máquina para que las pinzas aprieten al Geosintético a ambos extremos, a continuación medimos la luz del Geosintético ( distancia que se mide de la

parte que queda visible del Geosintético, se enciende la segunda máquina de carga ( unidades Kilonewtons), en la máquina de AMSLER en un extremo tiene una regla de medidas de elongación que se debe lectura mediante el funcionamiento de la máquina AMSLER, y en la otra máquina se debe lecturar la fuerza aplicada al Geosintético, una vez todo armado y colocado se procede al funcionamiento de la máquina de AMSLER y la máquina de carga, se realiza las respectivas lecturas correspondientes, una vez que apagamos las máquinas medimos el Geosintético con un flexo su elongación en caso de que el Geosintético no se haya roto.

### 3.6.1 Cálculos

Se realizo 5 ensayos con el Geosintetico

L= longitud de corte del Geosintetico

F= fuerza empleada en el Geosintetico

$L_u$ = Distancia visible del Geosintetico entre las pinzas

E = elongación

1° ensayo: L= 50 cm      F= 215 N (1Kgf = 9,81 N) → F= 21Kgf

$L_u$ = 18,7 cm      e= 17cm

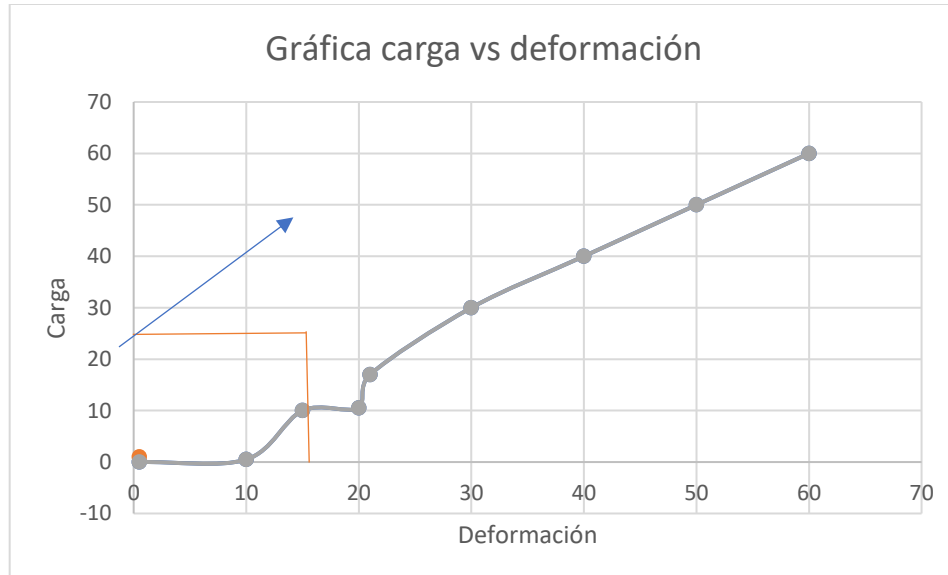
Longitud	Fuerza
0	0.3
10	20
20	30
230	50
40	80
50	110
60	180
70	250
180	260

Prueba N° 1 fuente: Elaboración propia

carga	deformación
0.5	0
10	0.5
15	10
20	10.5
21	17

30	30
40	40
50	50
60	60

Grafica N°13: Gráfica carga vs deformación prueba 1



Fuente: Elaboración propia

2° ensayo:  $L = 35 \text{ cm}$        $F = 200 \text{ N}$  ( $1 \text{ Kgf} = 9,81 \text{ N}$ )  $\rightarrow F = 20,38 \text{ Kgf}$

$L_u = 13,5 \text{ cm}$        $e = 15,2 \text{ cm}$

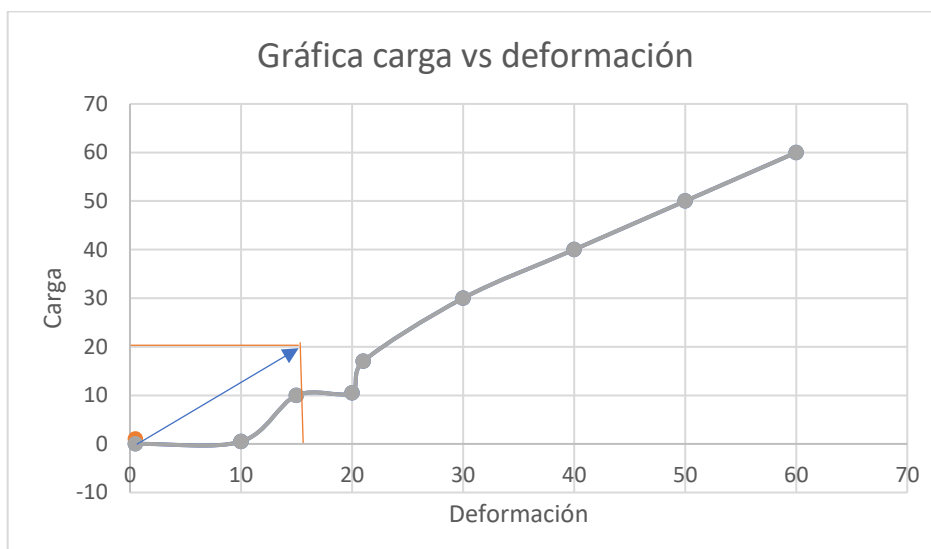
elongación	Carga
0	0.3
10	20
20	30
230	50
40	80
50	110
60	180
70	250
180	260



Prueba N° 2 fuente: Elaboración propia

carga	deformación
0.5	0
10	0.5
15	10
20	10.5
20,38	15,2
30	30
40	40
50	50
60	60

Grafica N°14: Gráfica carga vs deformación prueba 2



Fuente: Elaboración propia

3° ensayo:  $L = 25 \text{ cm}$        $F = 175 \text{ N}$  ( $1\text{Kgf} = 9,81 \text{ N}$ )  $\rightarrow F = 17,83 \text{ Kgf}$

$L_u = 9,5 \text{ cm}$        $e = 11,3 \text{ cm}$

elongación	Carga
0	0.3
10	20
20	30
230	50
40	80
50	110
60	180
70	250
180	260

Prueba N° 3 fuente: Elaboración propia

carga	deformación
0.5	0
10	11,3
17,83	10
20	10.5
20,38	15
30	30
40	40
50	50
60	60

Gráfica N°15: Gráfica carga vs deformación prueba 3



Fuente: Elaboración propia

4° ensayo:  $L = 20 \text{ cm}$        $F = 120 \text{ N}$  ( $1\text{Kgf} = 9,81 \text{ N}$ )  $\rightarrow F = 12,23 \text{ Kgf}$

$L_u = 6,5 \text{ cm}$        $e = 8.3 \text{ cm}$

elongación	Carga
0	0.3
10	20
20	30

230	50
40	80
50	110
60	180
70	250
180	260

Prueba N° 4 fuente: Elaboración propia

carga	deformación
0.5	0
10	8,3
12,23	10
20	10.5
20,38	15
30	30
40	40
50	50
60	60

Gráfica N°16: Gráfica carga vs deformación prueba 4



Fuente: Elaboración propia

5° ensayo: L= 15 cm      F= 100 N (1Kgf = 9,81 N) → F= 10,19 Kgf

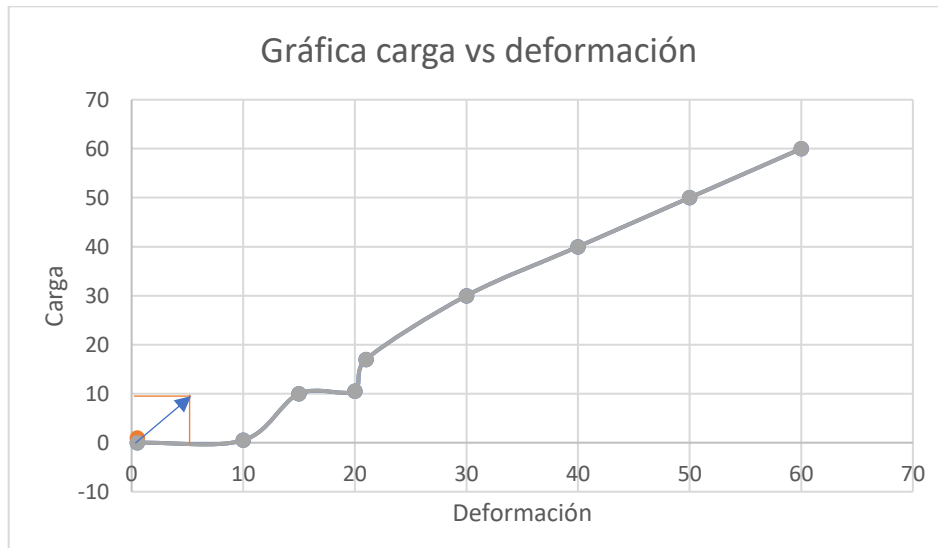
$L_u = 2.8$  cm      e= 5,2 cm

elongación	Carga
0	0.3
10	20
20	30
230	50
40	80
50	110
60	180
70	250
180	260

Prueba N° 5 fuente: Elaboración propia

carga	deformación
0.5	0
10	5,2
10,19	10
20	10.5
20,38	15
30	30
40	40
50	50
60	60

Gráfica N°17: Gráfica carga vs deformación prueba 5



Fuente: Elaboración propia

### Comparación de la gráfica

En las gráficas que se realizó mediante el ensayo de deformación del Geosintético por la máquina AMSLER, se observa que las cargas que se van aplicando en el Geosintético el material se va estirando o alargando y al mismo tiempo existe una deformación del material por cómo va avanzando el aumento de las cargas, después de los ensayos correspondientes se pudo observar que el Geosintético no sufre ninguna fisura o corte, dando como resultado que el Geosintético resiste correctamente a las cargas elevadas.

### 3.7 ENSAYOS REALIZADOS PARA DETERMINAR EL GEOSINTÉTICO ÓPTIMO

Resultados de ensayo de la máquina AMSLER:

Carga	elongación
0.3	0
20	10
30	20
50	230
80	40
110	50
180	60
250	70
260	180

Estos datos son uno de los 5 ensayos que se realizaron del Geosintético con la máquina AMSLER, y podemos observar que el Geosintético se alarga perfectamente por el aumento de carga sin presentar ninguna ruptura o fisura en su estructura del material.

Datos de los CBR de las capas del pavimento:

**Tabla N°19:** Datos del CBR de las capas de pavimento

Capa	CBR Sin Geosintético	CBR Con Geosintético
Base	93.29	X
Sub – base	55.82	84.82
Subrasante	23.86	38.99

Fuente: Elaboración propia

Debido a que solo se realizó los experimentos, ensayos y laboratorios con un solo tipo de Geosintético (Geo-membrana), no se realizará las comparaciones de un Geosintético con otro, lo que se pudo determinar es que la geomembrana es óptimo para la estabilidad de la sub-rasante, ya que se realizó en laboratorios los diferentes ensayos de granulometría, límites, contenido de humedad y CBR, y de estos laboratorios el más importante es el del CBR, en este se pudo observar que la capa sub-rasante aumenta su CBR con el Geosintético puesto y la sub-base también aumenta su CBR, en síntesis ambas capas aumentan sus respectivas resistencias a las diferentes fuerzas aplicadas y así dan una buena estabilidad a toda la estructura del pavimento y suelo.

Y los estudios de la elongación también determinaron que el Geosintético es óptimo ya que se realizó a diferentes ensayos con cargas aumentadas y el Geosintético no presento ninguna ruptura.

### 3.8 CBR, DE LA CAPA BASE, SUB -BASE Y SUBRASANTE EN LA APLICACIÓN DEL TRABAJO

#### Capa Base

Tabla N°20: Contenido de humedad y peso unitario Capa base

Nº capas	5			5			5		
Nº golpes por capa	12			25			56		
Condición de muestra	Antes de mojarse		D. de M	Antes de mojarse		D. de M	Antes de mojarse		D. de M
Peso muestra húm.+molde	10025		10555	10355		10820	11705		13000
Peso molde	7105		7105	7090		7090	8125		8125
Peso muestra húmeda	2920		3450	3265		3730	3580		4875
Volumen de la muestra	2121		2121	2121		2121	2121		2121
Peso Unit. muestra Húm.	1.377		1.627	1.539		1.759	1.688		2.298
Muestra de humedad	Fondo	Superf.	2" sup.	Fondo	Superf.	2" sup.	Fondo	Superf.	2" sup.
Tara Nº	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Peso muestra húm + tara	129.7	125.46	130.16	124.94	134.8	118.2	146.7	166.64	114.7
Peso muestra seca + tara	122.1	118.17	121.62	116.28	126.11	109.23	136.1	155.54	107.6
Peso del agua	7.67	7.29	8.54	8.66	8.69	8.97	10.62	11.1	7.08
Peso de tara	21.48	16.26	14.27	21.37	21.43	21.4	12.97	12.42	14.08
Peso de la muestra seca	100.6	101.91	107.35	94.91	104.68	87.83	123.1	143.12	93.58
Contenido humedad %	7.621	7.15337	7.9552	9.124	8.30149025	10.212	8.623	7.7557	7.565
Promedio cont. humedad	7.39		7.95529	8.71		10.212	8.19		7.565
Peso Unit.muestra seca	1.282		1.5067	1.416		1.5956	1.560		2.136

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 21: Expansión capa base

Fecha	Hora	Tiempo en Días	Molde N° 1			Molde N° 2			Molde N° 3		
			Lectura		Expansión	Lectura		Expansión	Lectura		Expansión
			Extensión	CM.	%	Extensión	CM.	%	Extensión	CM.	%
3-nov	10:50	1	9.65	0.97	0.00	8.57	0.86	0.00	20.16	2.02	0.00
4-nov	10:50	2	9.62	0.96	-0.02	8.49	0.85	-0.04	20.18	2.02	0.01
5-nov	10:50	3	9.55	0.96	-0.06	8.45	0.85	-0.07	20.12	2.01	-0.02
6-nov	10:50	4	9.45	0.95	-0.11	8.41	0.84	-0.09	20.10	2.01	-0.03

Fuente: Elaboración propia

Hum. Opt. %	Peso Unit. gr/cm3
7.84	1.98

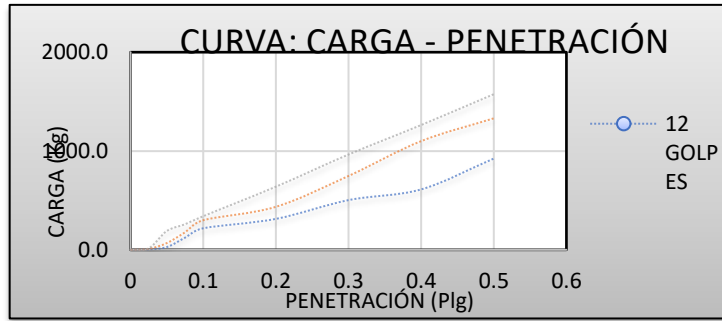
C.B.R. %	Peso Unit. gr/cm3
16.03	1.282
22.02	1.416
25.01	1.560

Tabla N° 22: CBR capa base

Molde N° 1				Molde N° 2				Molde N° 3			
Carga ensayo		C.B.R. Corregido		Carga ensayo		C.B.R. Corregido		Carga ensayo		C.B.R. Corregido	
Kg	Kg/cm2	Kg	%	Kg	Kg/cm2	Kg	%	Kg	Kg/cm2	Kg	%
0.0	0			0.0	0			0.0	0		
5.0	0.3			9.1	0.5			14.5	0.7		
28.1	1.5			68.8	3.6			190.9	9.9		
123.1	6.4			177.3	9.2			258.7	13.4		
218.0	11.3		<b>16.03</b>	299.4	15.5		<b>22.02</b>	340.2	17.6		<b>25.01</b>
313.0	16.2		<b>15.34</b>	435.1	22.5		<b>21.33</b>	638.7	33.0		<b>31.31</b>
503.0	26.0			747.2	38.6			964.3	49.8		
611.5	31.6			1100.0	56.8			1262.8	65.2		
923.6	47.7			1330.7	68.8			1574.9	81.4		

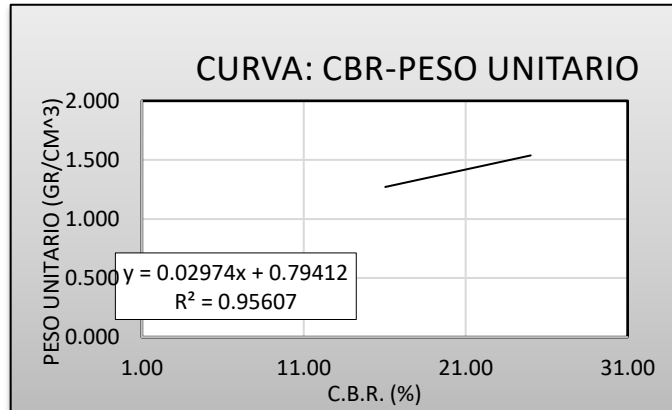
Fuente: Elaboración propia

Grafica N°18: Curva de penetración capa base



Fuente: Elaboración propia

Grafica N°19: Curva CBR peso unitario capa base



Fuente: Elaboración propia

CBR 100% D.máx	<b>93.29</b>	<b>%</b>
CBR 95% D.Máx.	<b>89.96</b>	<b>%</b>



**Sub – Base sin Geosintético**

**Tabla N° 23: Contenido de humedad y peso unitario capa sub – base S/G**

N° capas	5			5			5		
N° golpes por capa	12			25			56		
Condición de muestra	Antes de mojarse		D. de M	Antes de mojarse		D. de M	Antes de mojarse		D. de M
Peso muestra húm.+molde	11025		11775	11084		11630	12775		13920
Peso Molde	7008		7008	6885		6885	7990		7990
Peso muestra húmeda	4017		4767	4199		4745	4785		5930
Volumen de la muestra	2121		2121	2121		2121	2121		2121
Peso Unit. muestra Húm.	1.894		2.248	1.980		2.237	2.256		2.796
Muestra de humedad	Fondo	Superf.	2° sup.	Fondo	Superf.	2° sup.	Fondo	Superf.	2° sup.
Tara N°	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Peso muestra húm + tara	29.79	25.46	30.16	24.55	36.9	28.2	138.9	103.41	111.3
Peso muestra seca + tara	29.12	24.17	29.62	24.32	35.75	27.08	131.1	97.38	104.9
Peso del agua	0.67	1.29	0.54	0.23	1.15	1.12	7.87	6.03	6.39
Peso de tara	21.48	16.26	14.27	21.37	21.43	21.4	12.56	12.52	12.26
Peso de la muestra seca	7.64	7.91	15.35	2.95	14.32	5.68	118.5	84.86	92.72
Contenido humedad %	8.769	16.3084	3.5179	7.7966	8.03072625	19.718	6.638	7.1058	6.891
Promedio cont. humedad	12.54		3.5179	7.91		19.718	6.87		6.891
Peso Unit.muestra seca	1.683		2.1711	1.835		1.8686	2.111		2.6156

Fuente: Elaboración propia

**Tabla N° 24: Expansión capa sub – base S/G**

FECHA	HORA	TIEMPO EN DIAS	MOLDE N° 1			MOLDE N° 2			MOLDE N° 3		
			LECT.	EXPANSIÓN		LECT.	EXPANSIÓN		LECT.	EXPANSIÓN	
			EXTENS.	CM.	%	EXTENS.	CM.	%	EXTENS.	CM.	%
3-nov	10:50	1	15.65	1.57	0.00	12.34	1.23	0.00	18.05	1.81	0.00
4-nov	10:50	2	15.65	1.57	0.00	12.36	1.24	0.01	18.08	1.81	0.02
5-nov	10:50	3	15.67	1.57	0.01	12.36	1.24	0.01	18.05	1.81	0.00
6-nov	10:50	4	15.68	1.57	0.02	12.36	1.24	0.01	18.05	1.81	0.00

Fuente: Elaboración propia

Hum. Opt. %	Peso Unit. gr/cm3
7.69	2.24

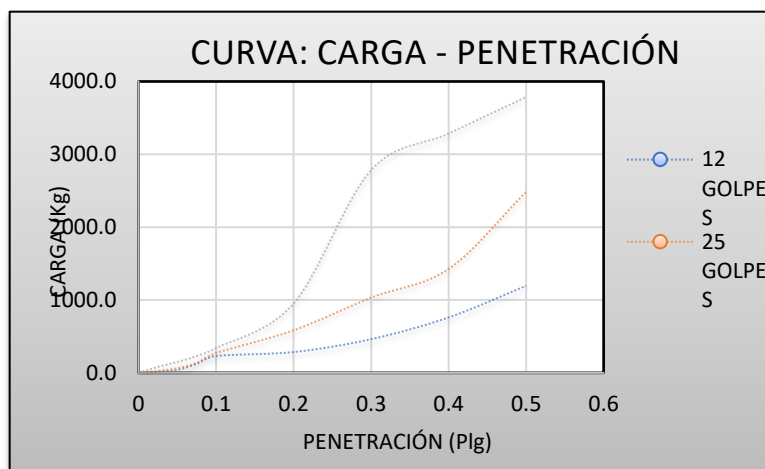
C.B.R. %	Peso Unit. Gr/cm3
17.03	1.683
20.02	1.835
25.01	2.111

Tabla N° 25: CBR capa sub – base S/G

Molde N° 1				Molde N° 2				Molde N° 3			
Carga ensayo		C.B.R. CORREG		Carga ensayo		C.B.R. Corregido		Carga ensayo		C.B.R. Corregido	
Kg	Kg/cm2	Kg	%	Kg	Kg/cm2	Kg	%	Kg	Kg/cm2	Kg	%
0.0	0			0.0	0			0.0	0		
14.5	0.7			28.1	1.5			82.3	4.3		
41.6	2.2			62.0	3.2			150.2	7.8		
123.1	6.4			136.6	7.1			231.6	12.0		
231.6	12.0		<b>17.03</b>	272.3	14.1		<b>20.02</b>	340.2	17.6		<b>25.01</b>
285.9	14.8		<b>14.01</b>	584.4	30.2		<b>28.65</b>	950.8	49.1		<b>46.61</b>
462.3	23.9			1032.2	53.3			2782.6	143.8		
760.8	39.3			1425.7	73.7			3284.6	169.7		
1195.0	61.7			2484.1	128.3			3786.7	195.6		

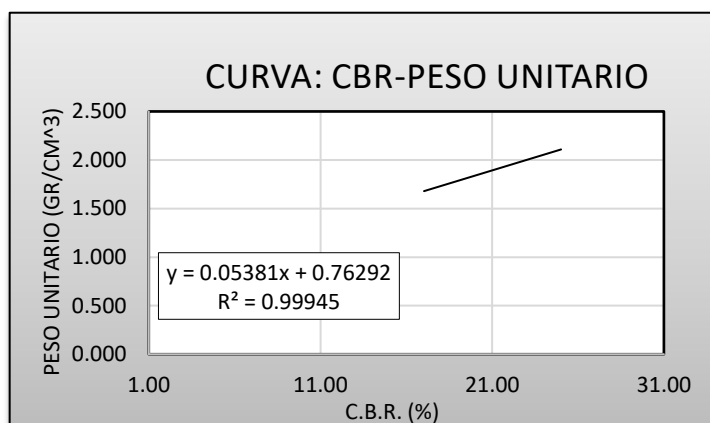
Fuente: Elaboración propia

Gráfica N°20: Curva de penetración capa sub-base S/G



Fuente: Elaboración propia

Gráfica N°21: Curva CBR peso unitario capa sub-base S/G



Fuente: Elaboración propia

CBR 100%	
D.máx	
<b>55.82</b>	<b>%</b>
CBR 95%	
D.Máx.	
<b>53.74</b>	<b>%</b>

### Sub – Base con Geosintetico

Tabla N°26: Contenido de humedad y peso unitario capa sub – base C/G

N° capas	5			5			5		
	12			25			56		
N° golpes por capa	12			25			56		
Condición de muestra	Antes de mojarse		D. de M	Antes de mojarse		D. de M	Antes de mojarse		D. de M
Peso muestra húm.+molde	10536		11450	10840		11505	11715		12170
Peso molde	7265		7265	6290		6290	6970		6970
Peso muestra húmeda	3271		4185	4550		5215	4745		5200
Volumen de la muestra	2121		2121	2121		2121	2121		2121
Peso Unit. muestra Húm.	1.542		1.973	2.145		2.459	2.237		2.452
Muestra de humedad	Fondo	Superf.	2" sup.	Fondo	Superf.	2" sup.	Fondo	Superf.	2" sup.
Tara N°	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Peso muestra húm + tara	28.79	26.98	30.36	24.94	34.67	28.86	112.2	153.2	133.6
Peso muestra seca + tara	28.32	26.26	29.44	24.68	33.84	28.08	105.1	142.88	125.0
Peso del agua	0.47	0.72	0.92	0.26	0.83	0.78	7.01	10.32	8.58
Peso de tara	21.48	14.27	16.68	21.37	21.43	21.4	11.93	12.5	12.33
Peso de la muestra seca	6.84	11.99	12.76	3.31	12.41	6.68	93.26	130.38	112.6
Contenido humedad %	6.871	6.00500	7.2100	7.8549	6.68815471	11.676	7.516	7.9153	7.613
Promedio cont. humedad	6.44		7.2100	7.27		11.676	7.72		7.613
Peso Unit.muestra seca	1.449		1.8404	2.000		2.2016	2.077		2.2782

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°27: Expansión capa sub – base C/G

Fecha	Hora	Tiempo en Días	Molde N° 1			Molde N° 2			Molde N° 3		
			Lectura		Expansión	Lectura		Expansión	Lectura		Expansión
			Extensión	CM.	%	Extensión	CM.	%	Extensión	CM.	%
3-nov	10:50	1	23.12	2.31	0.00	17.35	1.74	0.00	16.58	1.66	0.00
4-nov	10:50	2	22.67	2.27	-0.25	16.93	1.69	-0.24	16.78	1.68	0.11
5-nov	10:50	3	21.24	2.12	-1.06	15.76	1.58	-0.89	16.41	1.64	-0.10
6-nov	10:50	4	21.50	2.15	-0.91	15.55	1.56	-1.01	16.39	1.64	-0.11

Fuente: Elaboración propia

Hum. Opt. %	Peso Unit. gr/cm3
7.69	2.24

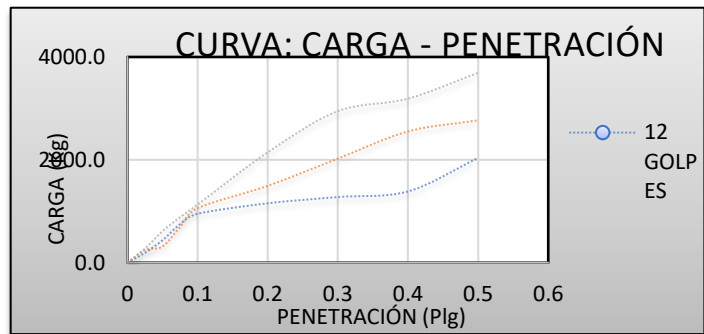
C.B.R. %	Peso Unit. gr/cm3
69.91	1.449
77.89	2.000
82.88	2.077

Tabla N°28: CBR capa sub – base C/G

Molde N° 1				Molde N° 2				Molde N° 3			
Carga ensayo		C.B.R. Corregido		Carga ensayo		C.B.R. Corregido		Carga ensayo		C.B.R. Corregido	
Kg	Kg/cm2	Kg	%	Kg	Kg/cm2	Kg	%	Kg	Kg/cm2	Kg	%
0.0	0			0.0	0			0.0	0		
190.9	9.9			245.2	12.7			272.3	14.1		
435.1	22.5			313.0	16.2			611.5	31.6		
747.2	38.6			692.9	35.8			882.9	45.6		
950.8	49.1		<b>69.91</b>	1059.3	54.7		<b>77.89</b>	1127.2	58.2		<b>82.88</b>
1154.3	59.6		<b>56.58</b>	1493.5	77.2		<b>73.21</b>	2144.8	110.8		<b>105.14</b>
1276.4	65.9			2022.7	104.5			2945.4	152.2		
1385.0	71.6			2551.9	131.8			3189.6	164.8		
2036.3	105.2			2769.0	143.1			3691.7	190.7		

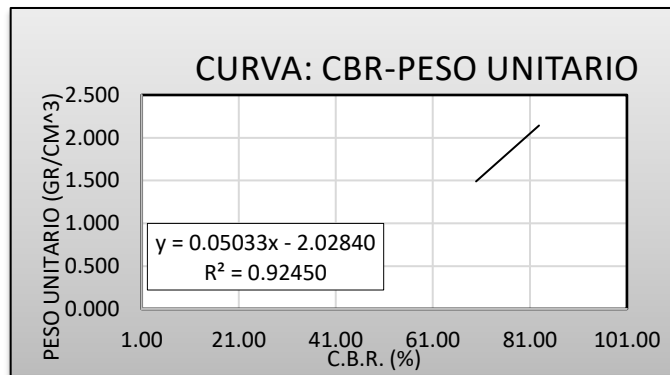
Fuente: Elaboración propia

Gráfica N°22: Curva de penetración capa sub-base C/G



Fuente: Elaboración propia

Gráfica N°23: Curva CBR peso unitario capa sub-base C/G



Fuente: Elaboración propia

CBR 100%	
D.máx	
<b>84.82</b>	<b>%</b>
CBR 95%	
D.Máx.	
<b>82.60</b>	<b>%</b>

## Subrasante sin Geosintético

Tabla N°29: Contenido de humedad y peso unitario capa subrasante S/G

N° capas	5			5			5		
N° golpes por capa	12			25			56		
Condición de muestra	Antes de mojarse		D. de M	Antes de mojarse		D. de M	Antes de mojarse		D. de M
Peso muestra húm.+molde	10150		10500	10635		10970	12600		13900
Peso Molde	6795		6795	6900		6900	7905		7905
Peso muestra húmeda	3355		3705	3735		4070	4695		5995
Volumen de la muestra	2121		2121	2121		2121	2121		2121
Peso Unit. muestra Húm.	1.582		1.747	1.761		1.919	2.214		2.826
Muestra húmeda	Fondo	Superf.	2" sup.	Fondo	Superf.	2" sup.	Fondo	Superf.	2" sup.
Tara N°	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Peso muestra húm + tara	29.79	25.76	30.16	24.45	33.67	28.2	145.9	158.13	122.3
Peso muestra seca + tara	29.12	25.17	29.23	24.28	32.84	27.78	136.3	146.46	113.0
Peso del agua	0.67	0.59	0.93	0.17	0.83	0.42	9.62	11.67	9.39
Peso de tara	18.65	16.26	14.27	21.37	21.43	21.4	12.37	12.52	12.1
Peso de la muestra seca	10.47	8.91	14.96	2.91	11.41	6.38	123.99	133.94	100.9
Contenido humedad %	6.399	6.62177	6.2165	5.8419	7.27432077	6.5830	7.758	8.7128	9.306
Promedio cont. humedad	6.51		6.2165	6.56		6.5830	8.24		9.306
Peso Unit.muestra seca	1.485		1.6445	1.653		1.8003	2.045		2.585

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°30: Expansión capa subrasante S/G

Fecha	Hora	Tiempo en Días	Molde N° 1			Molde N° 2			Molde N° 3		
			lectura		Expansión	Lectura		Expansión	Lectura		Expansión
			Extensión	CM.	%	Extensión	CM.	%	Extensión	CM.	%
3-nov	10:50	1	13.24	1.32	0.00	9.46	0.95	0.00	20.24	2.02	0.00
4-nov	10:50	2	12.43	1.24	-0.46	8.54	0.85	-0.52	19.45	1.95	-0.44
5-nov	10:50	3	11.87	1.19	-0.77	7.01	0.70	-1.38	16.26	1.63	-2.24
6-nov	10:50	4	10.25	1.03	-1.68	6.25	0.63	-1.81	16.25	1.63	-2.24

Fuente: Elaboración propia

Hum. Opt. %	Peso Unit. gr/cm3
8.26	2.09

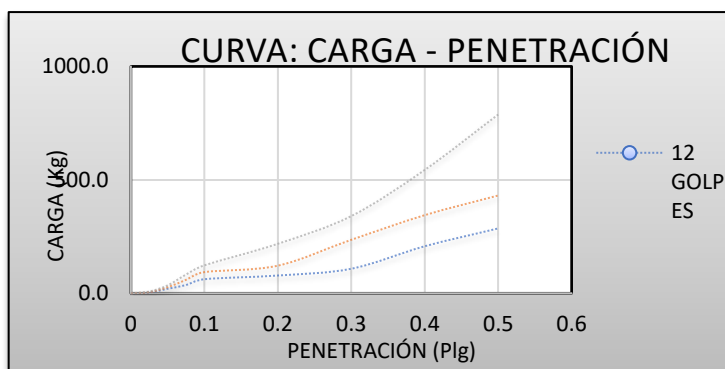
C.B.R. %	Peso Unit. gr/cm3
4.56	1.485
6.85	1.653
9.05	2.045

Tabla N°31: CBR capa subrasante S/G

Molde N° 1				Molde N° 2				Molde N° 3			
Carga ensayo		C.B.R. Corregido		Carga ensayo		C.B.R. Corregido		Carga ensayo		C.B.R. corregido	
Kg	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg	%	Kg	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg	%	Kg	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg	%
0.0	0			0.0	0			0.0	0		
3.6	0.2			5.0	0.3			7.7	0.4		
19.9	1.0			26.7	1.4			34.9	1.8		
36.2	1.9			59.3	3.1			82.3	4.3		
62.0	3.2		<b>4.56</b>	93.2	4.8		<b>6.85</b>	123.1	6.4		<b>9.05</b>
78.3	4.0		<b>3.84</b>	121.7	6.3		<b>5.97</b>	218.0	11.3		<b>10.69</b>
108.1	5.6			235.7	12.2			340.2	17.6		
207.2	10.7			344.2	17.8			543.7	28.1		
285.9	14.8			431.1	22.3			787.9	40.7		

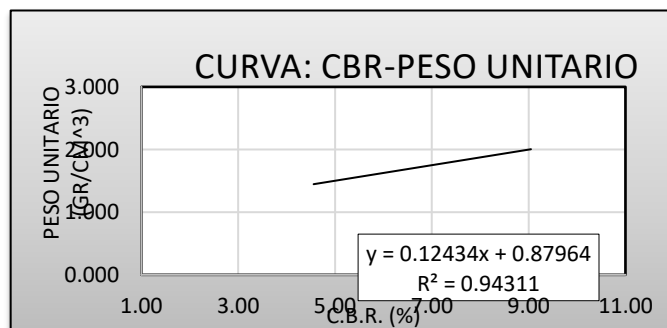
Fuente: Elaboración propia

Gráfica N°24: Curva de penetración capa subrasante S/G



Fuente: Elaboración propia

Gráfica N°25: Curva CBR peso unitario capa subrasante S/G



Fuente: Elaboración propia

CBR 100% D.máx <b>23.86</b> %
CBR 95% D.Máx. <b>23.02</b> %

### Subrasante con Geosintético

Tabla N°32: Contenido de humedad y peso unitario capa subrasante C/G

N° capas	5			5			5		
N° golpes por capa	12			25			56		
Condición de muestra	Antes de mojarse		D. de M	Antes de mojarse		D. de M	Antes de mojarse		D. de M
Peso muestra húm.+molde	10250		10790	10920		11610	11950		13080
Peso molde	7165		7165	6990		6990	7095		7095
Peso muestra húmeda	3085		3625	3930		4620	4855		5985
Volumen de la muestra	2121		2121	2121		2121	2121		2121
Peso Unit. Muestra Húm.	1.455		1.709	1.853		2.178	2.289		2.822
Muestra de humedad	Fondo	Superf.	2" sup.	Fondo	Superf.	2" sup.	Fondo	Superf.	2" sup.
Tara N°	1	2	3	1	2	3	0	2	3
Peso muestra húm + tara	29.79	25.46	30.16	24.94	34.4	28.2	146.9	140.28	148.6
Peso muestra seca + tara	29.12	24.77	28.82	24.68	33.44	27.69	137.1	131.21	138.7
Peso del agua	0.67	0.69	1.34	0.26	0.96	0.51	9.74	9.07	9.93
Peso de tara	21.48	16.26	14.27	21.37	21.43	21.4	12.69	12.63	12.67
Peso de la muestra seca	7.64	8.51	14.55	3.31	12.01	6.29	124.4	118.58	126.0
Contenido humedad %	8.769	8.10810	9.2096	7.8549	7.99333888	8.1081	7.824	7.6488	7.876
Promedio cont. humedad	8.44		9.2096	7.92		8.1081	7.74		7.876
Peso Unit.muestra seca	1.341		1.5649	1.717		2.0148	2.125		2.615
			7			5			8

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°33: Expansión capa subrasante C/G

FECHA	HORA	TIEMPO EN DIAS	MOLDE N° 1			MOLDE N° 2			MOLDE N° 3		
			LECT.		EXPANSION	LECT.		EXPANSION	LECT.		EXPANSION
			EXTENS.	CM.	%	EXTENS.	CM.	%	EXTENS.	CM.	%
3-nov	10:50	1	10.64	1.06	0.00	11.99	1.20	0.00	21.20	2.12	0.00
4-nov	10:50	2	10.56	1.06	-0.04	11.87	1.19	-0.07	20.92	2.09	-0.16
5-nov	10:50	3	10.52	1.05	-0.07	11.78	1.18	-0.12	20.07	2.01	-0.64
6-nov	10:50	4	10.50	1.05	-0.08	11.58	1.16	-0.23	20.04	2.00	-0.65

Fuente: Elaboración propia



Hum. Ópt. %	Peso Unit. gr/cm3
8.26	2.09

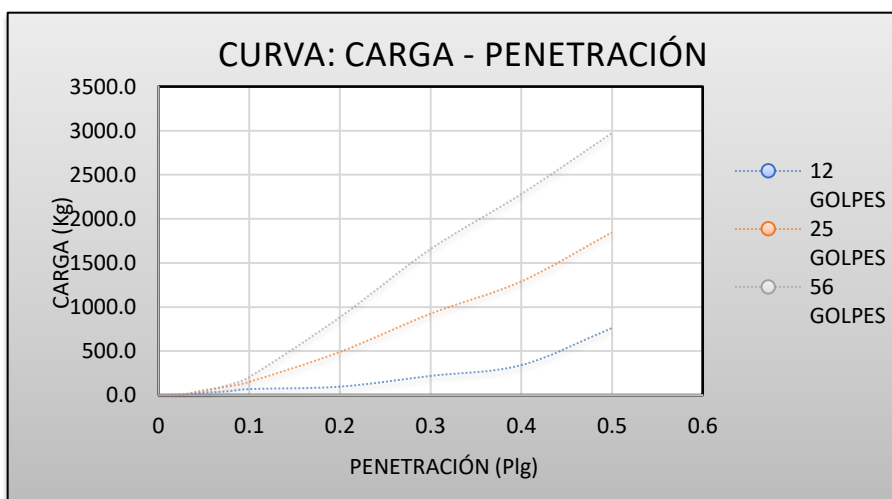
C.B.R. %	Peso Unit. gr/cm3
5.06	1.341
11.04	1.717
15.03	2.125

Tabla N°34: CBR capa subrasante C/G

MOLDE N° 1				MOLDE N° 2				MOLDE N° 3			
CARGA ENSAYO		C.B.R. CORREG		CARGA ENSAYO		C.B.R. CORREG		CARGA ENSAYO		C.B.R. CORREG	
Kg	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg	%	Kg	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg	%	Kg	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg	%
0.0	0			0.0	0			0.0	0		
3.6	0.2			5.0	0.3			7.7	0.4		
28.1	1.5			55.2	2.9			41.6	2.2		
41.6	2.2			95.9	5.0			109.5	5.7		
68.8	3.6		<b>5.06</b>	150.2	7.8		<b>11.04</b>	204.5	10.6		<b>15.03</b>
95.9	5.0		<b>4.70</b>	489.4	25.3		<b>23.99</b>	882.9	45.6		<b>43.28</b>
218.0	11.3			923.6	47.7			1656.3	85.6		
340.2	17.6			1290.0	66.6			2280.5	117.8		
760.8	39.3			1846.3	95.4			2972.5	153.6		

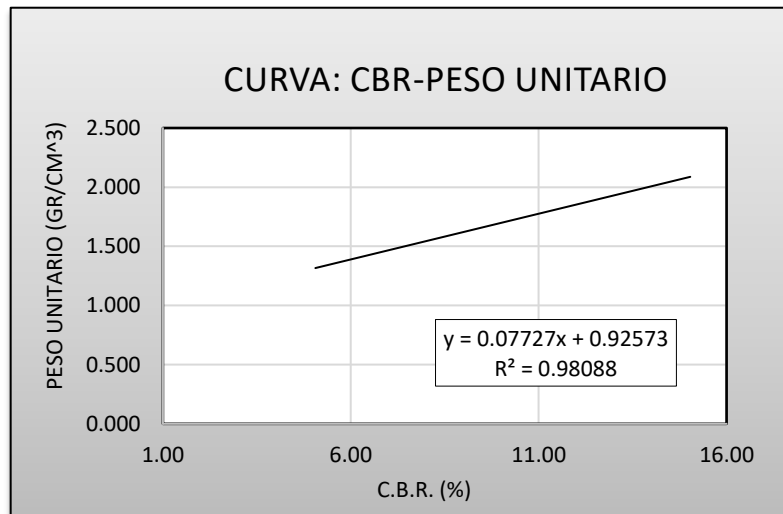
Fuente: Elaboración propia

Gráfica N°26: Curva de penetración capa subrasante C/G



Fuente: Elaboración propia

Gráfica N°27: Curva CBR peso unitario capa subrasante C/G



Fuente: Elaboración propia

CBR 100% D.máx	<b>38.99</b>	<b>%</b>
CBR 95% D.Máx.	<b>37.64</b>	<b>%</b>

### 3.8.1 Análisis de Sensibilidad

En este punto determinaremos la sensibilidad del proyecto mediante un cálculo de los espesores, con los ejes equivalentes del mayor máximo y del menor mínimo.

Eje equivalente mínimo 1557803

Imagen N°1: Eje equivalentes mínimo

Método AASHTO para el diseño de pavimentos (1993) por Luis R. Vásquez

**Método AASHTO para el diseño de pavimentos (1993)**  
 Desarrollado por: Luis Ricardo Vásquez Varela. Ingeniero Civil. Manizales, 2006.

Tipo de pavimento:  Flexible  Rígido

Confiabilidad (R) y desviación estándar (So): 85 %  $Z_r = -1.037$  So: 0.49

Serviciabilidades inicial y final: PSI inicial: 4.2 PSI final: 2

Tránsito de diseño: W18: 1557803

Pavimento flexible

Capa	Módulo de elasticidad (psi)	Coefficiente de capa (ai)	Coefficiente de drenaje (mi)	SN necesario	Espesor D (plg.)	Espesor D* (plg.)	SN* dispuesto
1	435000	¿E/a?	0.440	1	¿m?	2.17	4.93 5.0 5.0 2.20
2	28000	¿E/a?	0.131	1	¿m?	2.79	4.50 5.0 6.0 0.79
3	14000	¿E/a?	0.100	1	¿m?	1.98	-10.0 0.0 0.0 0.00
4	35790	MR					2.99 OK

W18 real: 2.17E+007

Cálculo de W18 para un SN: SN: W18:

Quitar el control de variables

Salir

Fuente: Programa de AASHTO para el diseño de pavimentos

Eje equivalente máximo 27438469

Imagen N°2: Eje equivalentes máximo

Método AASHTO para el diseño de pavimentos (1993) por Luis R. Vásquez

**Método AASHTO para el diseño de pavimentos (1993)**  
 Desarrollado por: Luis Ricardo Vásquez Varela. Ingeniero Civil. Manizales, 2006.

Tipo de pavimento:  Flexible  Rígido

Confiabilidad (R) y desviación estándar (So): 85 %  $Z_r = -1.037$  So: 0.49

Serviciabilidades inicial y final: PSI inicial: 4.2 PSI final: 2

Tránsito de diseño: W18: 27438469

Pavimento flexible

Capa	Módulo de elasticidad (psi)	Coefficiente de capa (ai)	Coefficiente de drenaje (mi)	SN necesario	Espesor D (plg.)	Espesor D* (plg.)	SN* dispuesto
1	435000	¿E/a?	0.440	1	¿m?	3.38	7.68 8.0 8.0 3.52
2	28000	¿E/a?	0.131	1	¿m?	4.26	5.65 6.0 6.0 0.79
3	14000	¿E/a?	0.100	1	¿m?	5.60	12.94 13.0 13.0 1.30
4	5848	MR					5.61 OK

W18 real: 2.77E+007

Cálculo de W18 para un SN: SN: W18:

Quitar el control de variables

Salir

Fuente: Programa de AASHTO para el diseño de pavimentos

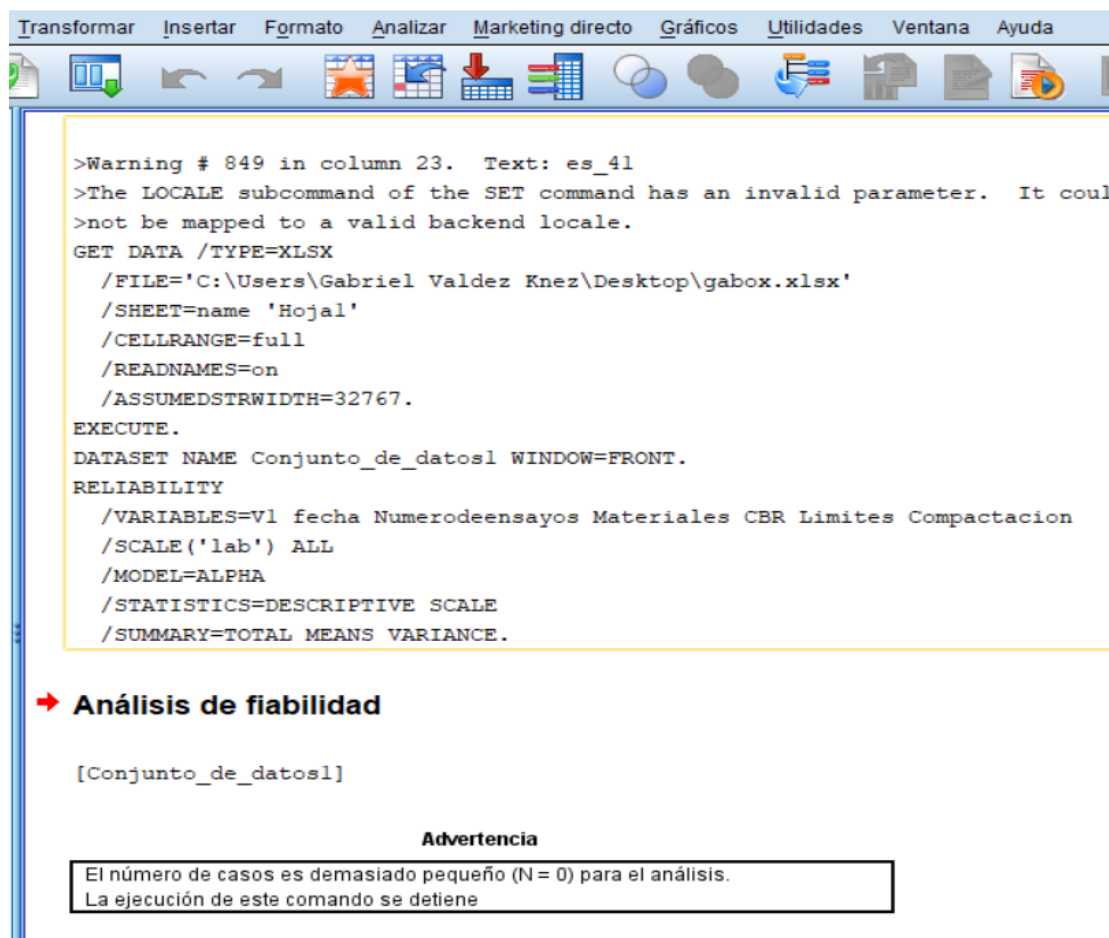
Comparación de los ejes con el mayor máximo y menor mínimo

Como podemos observar las tablas se realizó dos pruebas uno con el menor mínimo y el mayor máximo de los ejes equivalentes, y en las tablas indican que los espesores aumentan de acuerdo en relación de los ejes equivalentes, lo que quiere decir es que a mayor tráfico mayor son los espesores.

### 3.8.2 Análisis de confiabilidad

Para este punto se utilizará el programa SPSS estadística

Imagen N°3: Descripción de datos de confiabilidad



Fuente: Programa de SPSS de estadísticas

## Imagen N°4: Resultado de confiabilidad

\*Sin título2 [Conjunto\_de\_datos1] - IBM SPSS Statistics Editor de datos

Archivo Edición Ver Datos Transformar Analizar Marketing directo Gráficos Utilidades Ventana Ayuda

	V1	fecha	Laboratorio	Numerodeensayos	Materiales	CBR	Limites	Compactacion
1	.	02-Mar-2021	limites	3	2	33	25	10
2	.	02-Mar-2021	limites	3	2	35	15	58
3	.	02-Mar-2021	CBR	3	2	21	14	15
4	.	02-Mar-2021	compactacion	3	2	20	78	41
5	.	02-Mar-2021	compactacion	3	2	15	35	24
6	.	02-Mar-2021	limites	3	2	14	10	26
7	.	02-Mar-2021	limites	3	2	85	26	21
8	.	02-Mar-2021	limites	3	4	36	87	21
9	.	02-Mar-2021	CBR	3	4	35	1	21
10	.	02-Mar-2021	CBR	3	4	36	12	32
11	.	02-Mar-2021	CBR	3	4	52	10	21
12	.	02-Mar-2021	compactacion	3	4	25	2	21
13	.	02-Mar-2021	compactacion	2	5	24	15	21
14	.	02-Mar-2021	compactacion	2	5	87	23	36
15	.	02-Mar-2021	limites	2	5	84	21	21
16	.	02-Mar-2021	limites	2	5	25	45	14
17	.	02-Mar-2021	CBR	2	1	26	26	26
18	.	02-Mar-2021	CBR	2	1	23	12	21
19	.	02-Mar-2021	limites	2	1	24	15	35
20	.	02-Mar-2021	limites	2	1	21	25	21
21	.	02-Mar-2021	compactacion	2	1	21	14	21
22	.							

Fuente: Programa de SPSS de estadísticas

Una vez colocados los datos de los laboratorios en el programa de SPSS de estadísticas, logramos observar que no se puede calcular una confiabilidad aceptable o permisible ya que no contamos con muchos datos para determinar la confiabilidad, este programa se logra calcular la confiabilidad mediante varios datos, ósea cantidad de datos, los cuales no contamos en este proyecto.

### 3.8.3 Estimación el tiempo de vida útil con y sin Geosintético.

En este punto se pretende determinar el tiempo de vida útil del pavimento con y sin Geosintético, variando el  $W_{18}$  (ejes equivalentes), a diferentes años de vida del pavimento, (5, 10, 15, 20, y 25 años).

#### Sin Geosintético

Tránsito de diseños utilizados:

n 5 años = 3200356

n 10 años = 6556321

n 15 años = 13431422

n 20 años = 27515904

n 25 años = 5636968

Tabla N°35: Ejes equivalentes para determinar el tiempo de vida útil del Geosintético  
S/G

años	Espesores	W18
5	7.5	1.60E+08
	6	1.60E+08
	0	1.60E+08
10	8	2.93E+08
	6.5	2.93E+08
	0	2.93E+08
15	6.5	6.50E+07
	6	6.50E+07
	0	6.50E+07
20	7	1.23E+08
	6	1.23E+08
	0	1.23E+08
25	8	2.63E+08
	6	2.63E+08
	0	2.63E+08

Fuente: Elaboración propia

### Con Geosintético

Tránsito de diseños utilizados:

n 5 años = 3200356978

n 10 años = 65563210

n 15 años = 134314222

n 20 años = 27515904

n 25 años = 563696818

Tabla N° 36: Ejes equivalentes para determinar el tiempo de vida útil del Geosintético C/G

años	Espesores	W18
5	7.5	1.65E+07
	6	1.65E+07
	11.5	1.65E+07
10	8	3.24E+07
	6.5	3.24E+07
	13.5	3.24E+07
15	6.5	6.79E+06
	6	6.79E+06
	10	6.79E+06
20	7	1.38E+07
	6	1.38E+07
	12.5	1.38E+07
25	8	2.77E+07
	6	2.77E+07
	13	2.77E+07

Fuente: Elaboración propia

#### Comparación:

En este punto se realizó el tiempo de vida útil del pavimento mediante diferentes años (5,10,15,20,25) para verificar el cambio de las cargas ( $W_{18}$ ), también se colocó el dato de los diferentes espesores a cada año seleccionado para verificar correctamente la vida útil, y como podemos observar en las tablas (1 y 2) se puede apreciar que mediante aumenta los espesores aumenta las cargas, y cuando son menores los espesores las cargas son más bajas, lo que quiere decir es que mientras mayores sean los espesores las cargas serán más fuertes o mayores, y como conclusión podemos decir que mientras más bajos sean los espesores menor serán las cargas y el pavimento podrá tener mayor tiempo de vida útil.

#### 3.8.4 Estimación del mantenimiento con y sin Geosintético

Las carpetas asfálticas cuya vida se está agotando o que experimentan fallos prematuros empiezan a desarrollar unas fisuras en el seno de su estructura que, con el tiempo, alcanzan la superficie. Este agrietamiento es un proceso complejo que puede originarse por diferentes mecanismos: sobrecarga, fatiga, retracción térmica, movimientos del terreno,

asientos diferenciales en el terraplén, hinchamiento de arcillas de capas inferiores sensibles a la variación de humedad o defectos constructivos.

Cuando una rueda circula sobre una grieta existente en un firme inferior, se genera un esfuerzo cortante en la capa de asfalto superior que, al actuar de manera continua debido a la carga repetitiva del tráfico, termina por romper el asfalto, apareciendo en la superficie la grieta de reflexión.

El agrietamiento en la nueva superficie de revestimiento se debe a la incapacidad de éste para soportar las tensiones de cizalladura y tracción creadas por movimientos del pavimento inferior. Este movimiento puede ser el resultado de cargas de tráfico (presión de los neumáticos) o cargas térmicas (dilatación y contracción). El agrietamiento asociado con la fatiga se produce cuando las fuerzas de cizalladura y flexión, debidas a las cargas de tráfico pesado, crean tensiones que superan la resistencia a la fractura del revestimiento asfáltico (es un problema de estabilidad estructural). El agrietamiento asociado a la temperatura se produce cuando el movimiento horizontal, debido a la dilatación térmica, contracción y rizado de las capas base del pavimento, crean tensiones de tracción en el revestimiento que exceden la resistencia del asfalto.

#### **Explicación sin Geosintético:**

Debido a lo mencionado anteriormente, por eso son los problemas por los cuales las carpetas asfálticas sufren sus deterioros constantemente y por el mismo motivo son las constantes reparaciones o comúnmente llamados mantenimientos, ya que solo lleva la carpeta asfáltica no cuenta con ninguna protección o refuerzo para evitar todas las cargas del tráfico y por ende se debe realizar los constantes mantenimientos al pavimento.

#### **Explicación con Geosintético**

Ya explicado los casos por los que los pavimentos sufren deterioros constantemente, es debido a que no cuentan con algún material de refuerzo para resistir las cargas de los vehículos que transitan sobre ellos, es por eso que los Geosintéticos cumple esa función de dar resistencia a las cargas que se ejerzan sobre los pavimentos, debido a sus características físico mecánicas, los pavimentos necesitan constantemente mantenimientos a veces a muy temprana edad, pero al colocar el Geosintético en el



pavimento los constantes mantenimientos reducen constantemente ya que las cargas ejercidas en los pavimentos se dispersan en el pavimento y en las diferentes capas de suelo, y con la puesta del Geosintético esto no ocurre, una vez que el Geosintético está por debajo del carpeta asfáltica y sobre de la capa base, las cargas ejercidas de los vehículos llegan al Geosintético e impide el paso de las cargas a las de más capas, las cargas se esparcen por todo el Geosintético y a si disminuyendo la fuerza, y debido a ese factor es por qué se reducen los mantenimientos en los pavimentos con el Geosintético puesto.

### **3.8.5 Análisis del funcionamiento de los Geosintético en servicio.**

Los Geosintéticos actúan como elementos de refuerzo dentro de la masa del suelo o en combinación con el suelo, mejora su resistencia y deformación, impide la degradación de las carreteras provocadas por el continuo soporte de cargas de tráfico.

También funciona como un separador de materiales, evitando que las partículas finas de la subrasante migren hacia la capa del agregado, provee reforzamiento a la estructura del pavimento ya que absorbe los esfuerzos de tensión que se producen en la interface agregado-subrasante, mejora también las características esfuerzo-deformación de la capa de base y disminuye la carga transmitida de los vehículos a la subrasante.

**Resistencia a las cargas sobre el pavimento.** – El refuerzo con geosintéticos permite soportar mayores aplicaciones de carga en el suelo y mejorar su capacidad portante, mediante otro mecanismo diferente, que se aplica cuando el esfuerzo se ha deformado lo suficiente para actuar como una membrana a tensión. Cuando se aplica una carga en la superficie de la estructura del pavimento, una parte de los esfuerzos normales de la fibra inferior de esa capa (parte cóncava) son soportados por la fuerza de tensión de la membrana del geosintético, reduciendo así los esfuerzos aplicados en el suelo que se encuentra bajo el geosintético. Este mecanismo tipo membrana se desarrolla cuando se aplican cargas localizadas y se presentan deformaciones considerables. En síntesis, el incremento de resistencia del pavimento media diferentes cargas, aumenta por las considerables deformaciones que presente la estructura del pavimento.

**Mejoras físico mecánicas de la capa de rodadura.** – El método para que la capa de rodadura mejore sus características físico mecánicas es el uso de los Geosintéticos impregnados en las fisuras de la carpeta, se los coloca entre el soporte fisurado y las capas

superiores, los cuales son capaces de absorber tales tensiones tangenciales, al mismo tiempo que sirve de membrana impermeable, evitando la penetración de humedad. Este complejo crea una interface que, frente a las lentas sollicitaciones originadas por las variaciones térmicas, tiene un comportamiento viscoelástico. En el complejo, el Geotextil sirve básicamente como deposito para retener una determinada cantidad de ligante, mientras este es el encargado de deformarse siguiendo los movimientos del soporte fisurado, haciendo que la grieta deslice horizontalmente y disipando su transmisión a la capa superior.

### **3.9 ESTABILIDAD DE SUBRASANTE CON GEOSINTÉTICO**

El principal objetivo de este diseño es proporcionar las herramientas que permita determinar correctamente un espesor de material granular apropiado, que en conjunto de Geosintetico de refuerzo, permitan brindar una plataforma de trabajo adecuada mediante la estabilización de la subrasante.

#### **3.9.1 Metodología de diseño**

Este diseño permite escoger el tipo de Geosintético adecuado para ser instalado en conjunto con un espesor de material granular, de manera tal que se logre estabilizar una subrasante, logrando una plataforma de trabajo que permita el inicio de las actividades propias de la construcción de una vía.

Este método puede ser usado para dimensionar vías no pavimentadas y estabilización de subrasantes con y sin Geosintéticos. Es posible determinar el espesor de material granular compactado requerido para estabilizar un terreno blando, con y sin la utilización de un esfuerzo con Geosintéticos, teniendo en cuenta las condiciones de la subrasante.

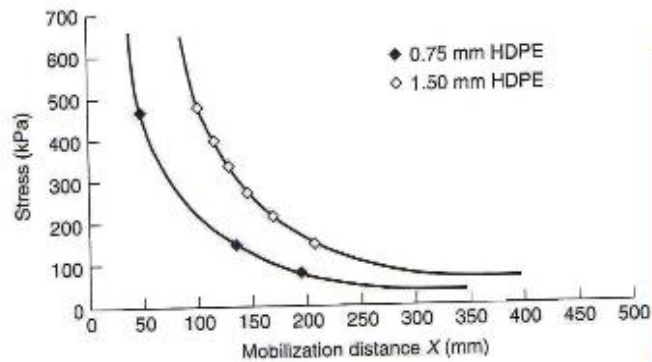
Tabla N° 37: Distancia de movilizacion de la geomembrana vs espesor

Espesor de geomembrana	Distancia de movilización
(mm)	(mm)
0.75	30
1.50	50

Fuente: Elaboración propia

**Distancia de movilización de la deformación de la geomembrana X:** Es la distancia que la geomembrana se deformara y alargara mediante la pretección del peso de los automoviles y las personas.

Fig. 19: Distancia de movilización de la geomembrana



Fuente: Página de Geosoft

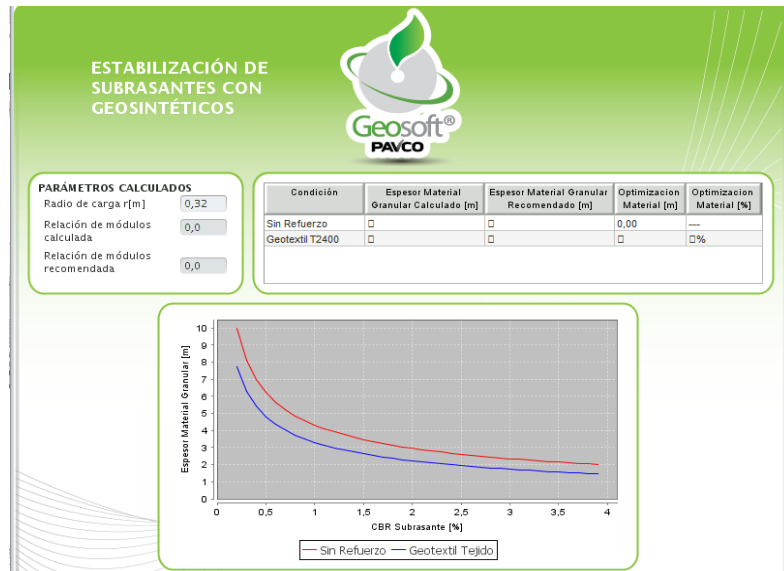
### 3.9.2 Estabilidad de subrasantes con Geosintéticos

Fig. 20: Gráfica de carga por eje



Fuente: Programa Geosintético

Fig. 21: Gráfica de Parámetros calculados



Fuente: Programa Geosintético

Fig. 22: Resultados de parámetros y criterios mecánicos

**SEPARACIÓN DE CAPAS GRANULARES Y SUBRASANTE**

Geosoft® PAVCO

**PARÁMETROS DE DISEÑO**

- Factor de seguridad global: 2,0
- Factor de seguridad parcial: 2,0
- Presión de inflado p': 52,0 psi
- Diámetro máximo partículas de agregados (en pulgadas): 1,5

**CRITERIOS MECÁNICOS**

- Resistencia al Estallido (Mullen Burst) requerida [kPa]: 591,4
- Resistencia al Punzonamiento [N]: 70,8
- Resistencia a la Tensión (Gráb):  $FS_g = \frac{T_{util}}{FS_p \times p' \times 10^{-3} (0.33d_p)^2 \times [f(\epsilon)]}$   $FS > 1$

**TIPO DE SUELO DE SUBRASANTE**

- Arenas, arenas gravosas, arenas limosas y arenas arcillosas (menos del 50%, pasa tamiz #200)
- Suelos arenosos mal gradados
- Suelos finos (mas del 50%, pasa tamiz #200)

Fuente: Programa Geosintético



**Carga por eje:** Es la carga por eje del vehículo, es decir la carga por rueda por rueda.

**Presión de inflado:** Corresponde a la presión de inflado de los neumáticos, puede variar entre 70 – 110 psi.

**Número de repeticiones:** Es el número de repeticiones de carga para la plataforma o vía no pavimentada.

**Ahuellamiento máximo permitido:** Es un criterio de serviciabilidad que generalmente se encuentra entre 25-100mm. Un criterio de falla de 75mm se ha usado ampliamente para esta aplicación. Para bajos volúmenes de tráfico (AASHTO 1993) considera ahuellamientos permitidos entre 13-75 mm.

**CBR subrasante %:** Resultado de la prueba California Bearing Ratio ASTM D1883-05 para el suelo de fundación o subrasante.

**CBR material granular %:** Resultado de la prueba California Bearing Ratio ASTM D1883-05 para el material granular que en conjunto con el Geosintético permiten la estabilización mecánica de la subrasante.

### **3.9.3 Radio de carga**

El radio de carga es la carga aplicada por una de las cargas en un eje simple y la carga aplicada por un set de ruedas en un eje tadem. (tadem elemento constituido por dos ejes articulados al vehículo por dispositivos comunes).

## **3.10 EXPLICACIÓN DE RESULTADOS**

### **3.10.1 Diseño con geomembrana**

A continuación, verificaremos los resultados obtenidos del diseño con geomembrana:

#### **Distancia de movilización de la deformación de la geomembrana X:**

Este valor se lo determina mediante la tabla N° 6.

$$X = 0.05 \text{ m.}$$

### Representación de resultados finales

Espesor calculado (mm)	0,043
Espesor recomendado por criterio de supervivencia (mm)	0.5
Espesor recomendado (mm)	0.5
Chequeo de espesor	1.0
Observación	Cumple
Recomendación geomembrana HDPE	20 mils
Recomendación geotextil no tejido	NT1600
Resistencia a la tensión (ASTM D4632) [N]	400.0
Resistencia al punzonamiento CBR (ASTM D6241) [N]	1200.0

Una vez calculados los datos obtenidos y determinado los resultados finales se verificó con los parámetros de diseño y los resultados son aceptables puesto que la mayoría de los resultados cumplen con el objetivo principal del proyecto.

#### **Estabilidad de subrasante con Geosintético**

##### **Carga por eje:**

$$P= 70KN$$

Dato del diseño del proyecto.

##### **Presión de inflado:**

$$P_i= 400 Kpa$$

##### **Ahuellamiento máximo permitido:**

$$A_{max}= 25 mm$$

##### **CBR del material granular %:**

CBR= 93.29

**CBR de la subrasante:**

CBR= 38.99

**Radio de carga:**

$r = 0.17 \text{ m}$

Representación de datos

Carga por eje	70 KN
Presión de inflado	400 KPa
Número de repeticiones	1200.0
Ahuellamiento máximo permitido	45 mm
CBR material granular (%)	93.29
CBR subrasante (%)	38.99

Representación de resultados finales

Radio de carga, r(m)	0,167
Relación de módulos calculada	1.41
Relación de módulos recomendada	1.41

Obtenidos los datos y resultados de la estabilidad de la subrasante, se verificó dato por dato y se obtuvo la que se esperaba, que el Geosintético se adhiriera a la capa del pavimento y con esa finalidad se pudo estabilizar la subrasante.



### 3.11 ANÁLISIS DE RESULTADOS

En este diseño de la misma manera que el anterior utilizamos el mismo programa Geosoft, en el cual las respectivas tablas del programa nos piden el llenado de valores reales, también tenemos que llenar las respectivas tablas, pero en este caso el programa no permite datos con decimales por defectos de valores, y eso nos con lleva a que los valores obtenidos inmediatamente lo debemos redondear para la introducción de los datos, lo que pretendemos en este diseño es el de buscar las herramientas o métodos más adecuadas para dar un buen espesor al material granular junto con el Geosintético y darle una plataforma o base estable para la subrasante, en una vía transitan personas, animales, vehículos livianos y de alto tonelaje, por lo que el pavimento se deflexiona por el peso de los vehículos y personas, y también por esas cargas se agrietan o presentan fisuras a temprana edad y este diseño se prioriza en estabilizar la subrasante para recibir esas cargas sin presentar ahuellamientos o otros fallas, los datos para realizar el diseño de estabilidad son los de CBR, el inflado de las llantas, los ahuellamientos máximos, etc.

Una vez compactado el terreno se procede a la aplicación del geotextil, procediendo a actuar unas de sus principales funciones que es el de la separación que permite separar a dos tipos de suelos de diferentes características manteniendo su buen funcionamiento, en este caso (base,sub-base) suelo de abajo y (subrasante) suelo de arriba, después de ese procedimiento actúa su principal función del Geosintético que es el de brindar el refuerzo necesario al suelo donde fue aplicado, en este caso la subrasante, dará mayor resistencia a las propiedades mecánicas del suelo. Y para que cumpla con su función el geotextil de cumplir con el porcentaje del menor del 3% del CBR, caso contrario se deberá modificar un geotextil con función de separación. Al culminar la introducción de los datos en el programa se realiza el diseño de la subrasante con el Geosintético, y se procede a la verificación de los resultados obtenidos, el porcentaje de CBR que fue determinado fue del 5% que nos indica que el geotextil que utilizaremos es el de función de separación de los suelos, nuestro diseño fue realizado sin refuerzo alguno, para el caso de necesitar un refuerzo lo que se debe de hacer es el de colocar una geomalla por encima del geotextil para que la geomalla cumpla la función del refuerzo y el geotextil llegaría a proteger al material granular de la contaminación. Por consiguiente la revisión de los otros datos

obtenidos cumple con los parametros de diseño esperados para que cumpla con la estabilidad de la subrasante y de esa manera resistir toda carga aplicada por encima de la subrasante.

Por lo anteriormente mencionado este método permitirá a los ingenieros de vías estimar adecuadamente el espesor de material granular para soportar tráfico en vías no pavimentadas, vías de acceso temporales, plataformas de trabajo, etc.

**CAPÍTULO IV**  
**CONCLUSIONES Y**  
**RECOMENDACIONES**

## CAPÍTULO IV

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4. CONCLUSIONES

- Se logró estudiar las características más importantes de los Geosintéticos para deducir su aplicación en campo, y de esa manera verificar su comportamiento con el contacto del material o terreno de obra.
- Para el estudio del enlongamiento del Geosintético pudimos comprobar tras diferentes pruebas que no se produce alguna ruptura o fisura del material.
- En el estudio con la máquina AMSLER, pudimos demostrar que la Geomembrana soporta enlongaciones de varios centímetros de deformación, lo cual indica que puede llegar a soportar mucho peso en el caso de ser colocado en pavimentos.
- El programa de diseño con Geosintéticos (Geosoft) fue verificado y analizado y se comprobó que las especificaciones y características de diseño con la Geomembrana que cumple con las especificaciones y características de diseño que se utiliza en nuestra actualidad.
- Pudimos determinar la comparación del número del estructural del pavimento con y sin Geosintético, y los resultados obtenidos son coherentes y aceptables.
- Una vez terminado todos los estudios, se realizó el análisis de los resultados finales y se llegó a la conclusión de que cumple el Geosintético con los parámetros esperados, puesto que la Geomembrana utilizada se adhirieron como se esperaba al terreno, cumpliendo su resistencia óptima, su espesor indicado, su elongación requerida, etc.

#### 4.1 RECOMENDACIONES

- En el momento de la obtención de las muestras de las capas del pavimento se recomienda señalarlas o identificarlas bien una de cada una para que no tengan problemas al momento de realizar los estudios en laboratorio.
- Cuando realizamos el estudio de la elongación con la máquina AMSLER, se debe verificar correctamente el armado de las pinzas de la máquina, ya que el material en pleno funcionamiento se puede deslizar ya sea hacia arriba o abajo por no estar completamente comprimida.

- Al momento de colocar los datos en el programa Geosoft, se debe verificar si no varía mucho los cálculos de los estudios realizados en los laboratorios puesto que el programa no permite valores con decimales por defecto de diseño.
- Antes de la colocación del material en las probetas del estudio del CBR, debemos verificar si el material no cuenta con algún agente externo en su estructura, ya que si lo tiene el CBR no podría salir un resultado coherente o más grave que no se realice su lectura correspondiente.
- Se debe realizar ya sea uno o más estudios físicos mecánicos del o de los Geosintéticos que uno utilizará en la obra, para poder determinar sus especificaciones y características del material.
- Una vez terminado todos los estudios con el Geosintético se recomienda una verificación de todos los datos obtenidos en campo o laboratorio, para sacar una conclusión que si los datos son aceptables.