



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL



**FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**TRABAJO DE TITULACIÓN
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

VÍAS

TEMA:

**DISEÑO DE LA VIA PARA UN PAVIMENTO FLEXIBLE POR EL
METODO DE LA AASHTO'93 DEL ACCESO A LA ZONA INDUSTRIAL
KM 4.5 VIA DURAN TAMBO EN LA PROVINCIA DEL
GUAYAS**

AUTOR

DIEGO ANDRÉS VACACELA MARURI

TUTOR

ING. JULIO VARGAS JIMÉNEZ, MSc.

2016

GUAYAQUIL – ECUADOR

DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación va dedicado a mis padres por brindarme su apoyo y los valores que me inculcaron desde niño para así lograr alcanzar el éxito de ser un profesional útil para la sociedad.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar a Dios por su infinito amor y bondad.

A mis padres y familiares por su apoyo incondicional durante el tiempo de estudios.

A mis amigos que conocí en el transcurso de mi carrera que estuvieron conmigo en este largo camino, compartiendo sus conocimientos y consejos.

A mis maestros por sus enseñanzas día a día en las aulas de clases.

A mi Tutor de titulación, Ing. Julio Vargas Jiménez Ms.c, por su destacada labor, guiándome paso a paso en el desarrollo de mí trabajo, compartiendo sus conocimientos. A esta prestigiosa institución por darme la oportunidad de estudiar y lograr alcanzar mi meta.

TRIBUNAL DE GRADUACION

Ing. Eduardo Santos Baquerizo, MS.c

Decano

Ing. Julio Vargas Jiménez, MS.c

Tutor

Ing. Humberto Guerrero Herrera, MS.c

Vocal

Ing. Carlos Mora Cabrera, MS.c

Vocal

DECLARACION EXPRESA

Art. XI.- del Reglamento Interno de Graduación de la Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas de la Universidad de Guayaquil.

La responsabilidad de los hechos ideas y doctrinas expuestas en este Trabajo de Titulación, corresponden exclusivamente al autor, y al Patrimonio Intelectual de la Universidad de Guayaquil.

DIEGO ANDRES VACACELA MARURI
CI. 0924523566

INDICE GENERAL

CAPITULO I

GENERALIDADES

1. Antecedentes.....	1
1.2 Introducción.....	2
1.3 Objetivos generales.....	3
1.3.1 Objetivos específicos.....	3
1.4 Problemática de estudio.....	3
1.5 Planteamiento del problema.....	4
1.6 Formulación del problema.....	5
1.7 Delimitación del problema.....	5
1.7.1 Delimitación espacial.....	5
1.7.2 Delimitación temporal.....	5
1.8 Ubicación.....	6
1.9 Justificación.....	7
1.10 Metodología.....	7

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Introduccion.....	9
2.2 Definición de pavimento.....	9
2.2.1 Tipos de pavimentos.....	10
2.2.1.1 Pavimento flexible.....	10

2.2.2 Pavimento rígido.....	10
2.2.3 Pavimento articulado.....	11
2.3 Componentes estructurales del pavimento flexible.....	11
2.3.1 Terreno de fundación de la su-rasante.....	11
2.3.1.1 Sub-base.....	12
2.3.1.2 Base.....	12
2.3.1.3 Capa de rodadura.....	12
2.4 Estudio de trafico.....	13
2.4.1 Composición de trafico.....	13
2.4.2 cálculo del TPDA	14
2.5 Ensayos de laboratorio suelo existente.....	16
2.5.1 Contenido natural de humedad.....	17
2.5.2 Límites de Atterberg.....	17
2.5.3 Análisis granulométrico.....	18
2.5.4 Ensayo de compactación: PROCTOR.....	19
2.5.5 CBR.....	19
2.6 Diseño flexible por el método de la AASHTO'93.	19
2.6.1 Serviciabilidad.....	20
2.6.1.1 Serviciabilidad inicial (po).....	20
2.6.1.2 Serviciabilidad final (pt).....	20
2.6.2 Confiabilidad de diseño.....	21
2.6.3 Desviación standard.....	21
2.6.4 Modulo resiliente.....	22
2.6.5 Coeficiente de drenaje.....	23

2.6.6 numero estructural.....	24
-------------------------------	----

CAPITULO III

MARCO METODOLOGICO

3.1 Estudios de tráfico vehicular.....	26
3.1.1 Aforo de tráfico.....	26
3.1.2 Clasificación de la vía en función del TPDA.....	32
3.2 Parámetros de diseño.....	33
3.2.1 Velocidad de diseño.....	33
3.2.1.1 Velocidad de circulación.....	34
3.2.1.2 Ancho de la calzada.....	36
3.3 Determinación de la proyección del tráfico.....	36
3.4 cargas equivalentes a eje simple (ESAL'S).....	38
3.4.1 Calculo de cargas equivalente y tipo de transito.....	39
3.5 Estudios de suelos.....	40
3.5.1 Exploración y muestreo del suelo.....	40
3.5.2 Ensayos de laboratorio.....	43
3.5.3 Humedad natural.....	44
3.5.4 Limites de Attteberg.....	45
3.5.5 Análisis granulométrico.....	46
3.5.6 clasificación de los suelos.....	47

3.5.7.1 Clasificación de los suelos AASHTO.....	47
3.5.7.2 Clasificación de los suelos SUCS.....	48
3.6 ensayo de compactación de PROCTOR.....	49
3.7 CBR.....	49
3.7.2 CBR de diseño.....	50
3.8 Diseño de pavimento flexible por el metodo de la AASHTO '93.....	52
3.8.1 Calculo de espesores del pavimento por el programa de la AASHTO'93....	53

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones.....	58
4.2 Recomendaciones.....	59

Anexos

Bibliografía

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Serviciabilidad.....	20
Tabla 2: Niveles de confiabilidad.....	21
Tabla 3: Desviación estándar sugerida por AASHTO 93.....	22
Tabla 4: Coeficiente de drenaje.....	23
Tabla 5: Resumen de conteo de trafico.....	30
Tabla 6: Clasificación de la carretera función TPDA.....	32
Tabla 7: Clasificación de la carretera según el MTOP.....	33
Tabla 8: Velocidad de diseño	34
Tabla 9: Velocidad de circulación	35
Tabla 10: Anchos de calzada del MTOP	36
Tabla 11: Proyección de tráfico a 20 años	37
Tabla 12: Calculo de cargas equivalentes y tipo de transito.....	39
Tabla 13: Numero de calicatas	43
Tabla 14: Contenido de humedad.....	45
Tabla 15: Resultados de laboratorio	46
Tabla 16: Clasificación de la AASHTO	48
Tabla 17: Sistema unificado de la clasificación de suelos	49
Tabla 18: Resultados obtenidos del laboratorio de suelo (C.O.H)	50
Tabla 19: Resultados obtenidos en laboratorio (C.B.R %)	51

Tabla 20: Resultados de CBR de diseño.....	52
Tabla 21: Instituto del asfalto	52
Tabla 22: Clasificación del suelo en función del C.B.R de diseño.....	53
Tabla 23: Capas de espesores.....	54
Tabla 24 : Parámetros de diseño.....	55
Tabla 25: Calculo de espesores de pavimento flexible.....	59

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Google Earth.....	6
Ilustración 2: Estructura del pavimento.....	9
Ilustración 3: Ecuación de diseño.....	24
Ilustración 4: Programa de ecuación de la ashto'93.....	25
Ilustración 5: Hoja de campo de conteo de vehículos.....	27
Ilustración 6: Peso y dimensiones del MTOP	28
Ilustración 7: Peso y dimensiones del MTOP	29
Ilustración 8: Herramientas de excavación	41
Ilustración 9: Toma de muestras del suelo.....	42
Ilustración 10: Laboratorio de mecánica de suelos	43
Ilustración 11: Tamizado del material del suelo	46
Ilustración 12: CBR de diseño	47
Ilustración 13: Calculo numero estructural de la AASHTO 93 sub-rasante.....	50
Ilustración 14: Calculo numero estructural de la AASHTO 93 sub- base	51
Ilustración 15: Calculo numero estructural de la AASHTO 93 base.....	52
Ilustración 16: Estructura del pavimento.....	53

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1 Antecedentes

El proyecto de titulación consiste en el diseño de la vía, que va desde avenida Tanasa Duran Tambo intersección a la avenida Semillas con una longitud de 1km con material lastrado, presentando daños graves como deformaciones y asentamientos en su estructura, esto se debe a que la vía no ha recibido mantenimiento alguno. Debido al incremento de consumo de los productos que llegan a las zonas industriales ha aumentado el tráfico de vehículos livianos y carga pesada; ya que ha hecho en que la vía no esté en condiciones apropiadas de circulación, formándose un flujo de tránsito vehicular irregular y atrasado.

Se considera que diseñando esta vía facilitará el ingreso de los vehículos y camiones a sus respectivas fábricas con mucha facilidad, además se ayudará al desarrollo industrial y producción económica, y que de igual manera mejorará el transporte y la comercialización de la producción agrícola del sector.

Durante el proceso de investigación según los usuarios que transitan en dicha vía tienen años solicitándoles a los gobiernos locales para que le mejoren la vía; ya que para ellos es de suma importancia porque la mayoría de la zona se dedica a la

producción industrial y agrícola: como la cosecha de arroz, y pollos. Gran parte solo cosecha para su consumo y son pocos los que transportan sus productos a otras ciudades, esto es debido al mal estado en la que se encuentra la vía.

La vía fue mejorada aproximadamente hace unos 5 años y en la actualidad está muy desgastada y deteriorada y a su alrededor nos encontramos con un canal de aguas lluvias construido en terreno natural que presenta acumulación de sedimentos en el fondo en lo cual no permite la circulación del agua y además presenta malos olores.

1.2. Introducción

Una carretera es una vía de dominio y uso público, proyectada y construida fundamentalmente para la circulación de vehículos y automóviles.

Una estructura de pavimento flexible se compone de una serie de capas relativamente horizontales. Al diseñar un pavimento flexible se deben considerar las cargas compuestas por el tránsito, para que no generen deformaciones excesivas, por lo general se producen en cada una de las capas sobretodo en la subrasante, esto depende de las capas asfálticas delgadas o de baja rigidez lo cual deben soportar el esfuerzo aplicado casi su totalidad.

En el presente proyecto de titulación se refiere al diseño de la vía, que está ubicado en el km 4.5 vía Duran Tambo, vía acceso a las zonas industriales intersección con la avenida Semillas.

El objetivo principal es diseñar un pavimento flexible que preste las seguridades posibles a los usuarios que transitan por dicha vía, ya que siendo esta una zona de

industrias y que forma parte del desarrollo industrial, económico y comercial del Cantón Duran, debe estar en óptimas condiciones para disminuir los tiempos de circulación.

Para desarrollar este trabajo de titulación se realizaron diferentes estudios de campo como: conteo de tráfico, levantamiento topográfico, estudios de suelos, estudios. Datos que son de gran importancia para determinar el tipo de vía y sus parámetros de diseño.

Con respecto al conteo de tráfico, este nos permite calcular el TPDA y la proyección del tráfico en un periodo de diseño; en este caso la proyección es a 20 años de vida útil, con estos datos se puede determinar todos los parámetros a considerar en el diseño del pavimento.

De acuerdo a los estudios de suelo realizados, se determinó el CBR de diseño con el que se va a diseñar el pavimento; y la clasificación del suelo de acuerdo a las normas establecidas.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivos generales.

Diseñar una vía que preste todas las seguridades posibles a los usuarios y transportista del sector, para que puedan usarla de manera cómoda y segura y puedan llegar a sus fábricas de manera satisfactoria.

1.3.1.1 Objetivos específicos.

Realizar un estudio de tráfico para calcular las cargas que soporta la estructura del pavimento.

- Realizar los respectivos ensayos de mecánica de suelos para conocer las propiedades físicas y geo-mecánicas del suelo existente
- Determinar las soluciones para el diseño de la vía y que pueda brindar el confort y seguridad que los usuarios necesitan.
- Diseñar una vía que cumpla con todas las especificaciones técnicas del MTOP.
- Dotar una vía segura y funcional por la cual puedan circular los vehículos y camiones que transitan por la vía.

1.4 Problemática de estudio

1.4.1 Tema de investigación.

DISEÑO DE LA VIA PARA UN PAVIMENTO FLEXIBLE POR EL METODO DE LA AASHTO'93 DEL ACCESO A LA ZONA INDUSTRIAL KM 4.5 VIA DURAN TAMBO EN LA PROVINCIA DEL GUAYAS

1.5 Planteamiento del problema.

La vía en la actualidad no se encuentra en buenas condiciones, la cual presenta daños graves como deformaciones y asentamiento en su estructura, las cuales dificulta el ingreso y salida de los vehículos y camiones que circulan en la vía existente.

Se diseñara un pavimento flexible con la metodología de la AASHTO, con la finalidad de ofrecer un tránsito vehicular seguro y cómodo para los usuarios que transitan por la avenida Semillas km 4.5 vía Duran Tambo, dando como desarrollo al sector industrial y agrícola para que puedan transportar sus productos a sus diversos sectores.

1.6 Formulación del problema.

En la vía 4.5 km Duran Tambo al entrar a la zona industrial avenida Tanasa intersección a la avenida Semillas a lo largo de la vía, presenta daños graves como deformaciones y asentamientos en su estructura, con la consecuencia de aquello es que la vía se torna intransitable para los vehículos y camiones que transitan en esta vía para llegar a sus fábricas.

En la época de verano a diferencia del invierno se forma es una capa de polvo que afecta a los habitantes del sector y también a la vegetación.

Dado los efectos causados por el verano e inviernos, la movilidad, seguridad y comodidad de los que usan la vía del cantón Duran Tambo – Acceso a zonas industriales, el presente trabajo contribuye con una alternativa de solución a los inconvenientes anteriormente descritos.

1.7 Delimitación del problema

1.7.1 Delimitación espacial.

Esta investigación se realizó en el cantón Duran Tambo –Avenida Semillas con una extensión total de 1 km. Las coordenadas de inicio son: 9757382,201 N, 629579,765 E, y las coordenadas del fin de la vía 9758042,884 N, 628998,945 E, en el sistema de referencia UTM WGS 84.

1.7.2 Delimitación temporal.

El presente proyecto de investigación se realizó de una manera independiente entre mayo del 2016 y septiembre del 2016.

Delimitación del contenido

- ✓ Campo: Ingeniería Civil
- ✓ Área: Ingeniería vial
- ✓ Aspectos: Diseño
- ✓ Marco Espacial: Vías de comunicación en la provincia del Guayas
- ✓ Diseño de la vía

1.8 Ubicación del proyecto

Según el trabajo de titulación: “DISEÑO DE LA VIA PARA UN PAVIMENTO FLEXIBLE POR EL METODO DE LA AASHTO'93 DEL ACCESO A LA ZONA INDUSTRIAL KM 4.5 VIA DURAN TAMBO EN LA PROVINCIA DEL GUAYAS”

La ubicación exacta del inicio y fin de la vía es:



Ilustración 1: Ubicación Geográfica del proyecto
Fuente: Google Earth

km 4.5 vía Duran Tambo que va desde la avenida Tanasa hasta la avenida semillas

Abscisa 0+000

Norte: 9757382,201 Este: 629579,765

Fin de acceso a zona industrial (Campamento Almacenera Almacopio)

Abscisa 0+1000

Norte: 9758042,884 Este: 628998,945

1.9 Justificación

El mal estado que cuenta la vía ha ocasionado problemas a los usuarios y conductores del sector a que no puedan llevar sus productos que salen de sus fábricas por motivo del mal estado que se encuentra la avenida Semillas. La realización de este proyecto permitirá contribuir el desarrollo industrial y producción económica de la avenida Semillas

Se diseñara un pavimento flexible que resista a las condiciones que estará expuesta, el tipo de transporte que se empleara, buscar soluciones de la situación actual que se encuentra la avenida semillas.

Este trabajo es un soporte como material de consulta a futuros estudiantes en lo cual permitiría conocer el criterio de diseño estructural de pavimento flexible por medio del método de la AASHTO 93.

1.10 Metodología

La metodología a utilizarse en el presente trabajo de diseño de la vía para un pavimento flexible.

- ✓ Investigación de campo
- ✓ Se realizara un estudio de tráfico para calcular las cargas que soporta la estructura del pavimento
- ✓ Se realizara el estudio de suelos como propósito determinar las propiedades índice y propiedades mecánicas del suelo del sitio para el proceso constructivo más conveniente de la cimentación para el diseño de la vía
- ✓ Análisis e interpretación de resultados.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1 Introducción

En ingeniería Civil 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.

2.2 Definición de Pavimento

Un pavimento está constituido por un conjunto de capas superpuestas, relativamente horizontales que se diseñan y construyen técnicamente con materiales apropiados y adecuadamente compactados. Estas estructuras estratificadas se apoyan sobre la subrasante de una vía obtenida por el movimiento de tierras en el proceso de exploración y que han de resistir adecuadamente los esfuerzos que las cargas repetidas de transito le transmiten durante el periodo para el cual fue diseñada.(Montejo, 2002)

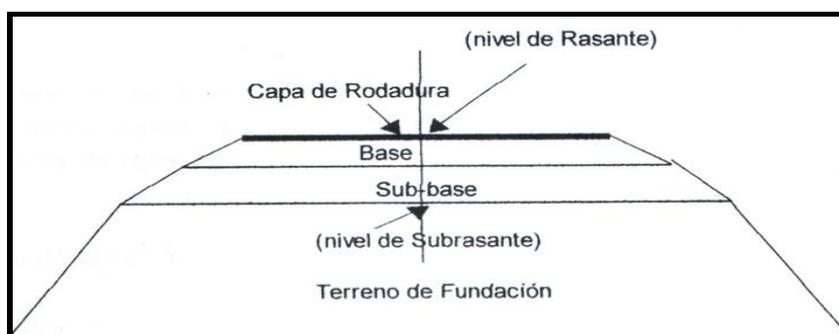


Ilustración 2: Estructura de Pavimento

Fuente: Diego Andrés Vacacela Maruri

2.2.1 Tipos de Pavimentos

Los pavimentos se clasifican en flexible, rígido, articulado mismo que se comportan muy diferentes al aplicarse una carga:

2.2.2.1 Pavimento Flexible.

Constituido con materiales bituminosos como aglomerantes, agregados y de ser el caso aditivos. Reciben este nombre ya que puede flexionarse sin que se produzcan daños en su estructura, manteniendo así su capacidad de transmisión de cargas. La construcción de este tipo de pavimento resulta muy costosa, tanto en la construcción, como en el mantenimiento y es utilizado en zonas donde hay mucho tránsito como calles, parques de estacionamiento, veredas entre otros.

La durabilidad de un pavimento flexible no debe ser inferior a 8 años y normalmente suele tener una vida útil de 20 años.(Montejo, 2002)

2.2.2 Pavimento Rígido.

Constituido por cemento Portland como aglomerante, agregados y de ser el caso aditivos.

Los pavimentos rígidos están formados por una losa de hormigón hidráulico sostenida sobre una capa de material granular generalmente sub base. Pueden soportar cargas pesadas ya que el hormigón absorbe gran cantidad de estos esfuerzos. debido a la alta rigidez del material tiene un costo inicial más elevado que el flexible, su periodo de vida varía entre 20 y 40 años; el mantenimiento que requiere es mínimo y solo se efectúa (común mente) en las juntas de las losas.

2.2.3 Pavimento Articulado.

Están formados por una capa de rodadura la cual está formada con bloques de concreto prefabricados, llamados adoquines las cuales presentan características similares y espesores uniformes. Estos se pueden colocar sobre una capa de arena y a la vez sobre una capa de base granular sobre la sub-rasante dependiendo de la calidad de esta la magnitud y la frecuencia de las cargas. (Montejo, 2002)

2.3 Componentes estructurales del pavimento flexible

El funcionamiento del pavimento depende del funcionamiento de cada componente, para lo cual se requiere una evaluación adecuada por separado de las propiedades de cada componente.

A continuación damos una breve revisión a cada uno de los componentes:

2.3.1 Terreno de fundación o sub-rasante.

Como su nombre lo indica es el terreno donde se apoya el pavimento, este se encuentra ubicado a lo largo del alineamiento horizontal del pavimento y debe reunir algunos requisitos de calidad como los siguientes:

- a)** Si el terreno de la sub-rasante es pésimo, (CBR < 5%), deberá sacarse el material que lo compone y sustituirlo por un suelo de mejor calidad.
- b)** Si el terreno de la sub-rasante es malo (CBR: 5 – 10%), se deberá colocar una sub-base de material seleccionado antes de colocar la base.
- c)** Si el terreno de la sub-rasante es regular (CBR: 15 – 30%), podría no colocarse la sub-base.

d) Si el terreno de la sub-rasante es excelente (CBR: >40%), podría no colocarse la sub-base y la base. (Montejo, 2002)

2.3.1.1 Sub-base.

Dependiendo de la cantidad de tráfico que la vía a soportar, su longitud además su capacidad de carga de la sub-rasante en el diseño del pavimento flexible esta capa puede omitirse, su calidad es menor que la capa de base al igual que su precio, lo cual representa un ahorro de dinero al transformar un cierto espesor de la capa de base a un espesor equivalente del material de sub-base.(Montejo,2002)

2.3.1.2 Base.

Esta capa está asentada la carpeta de rodadura, y recibe la mayor parte de esfuerzos producidos por los vehículos. En muchas ocasiones además de una debida compactación debe recibir otro tipo de tratamiento, es decir debe ser mejorada estabilizada para aumentar su resistencia y poder transmitir de manera adecuada las cargas producida por el tránsito a las capas inferiores.(Montejo, 2002)

2.3.1.3 Capa de rodadura.

En pavimentos flexibles es la capa más rígida así como la de mayor resistencia ya que soportan directamente las cargas de los vehículos, de igual manera es la más costosa por lo que se debe diseñar con los espesores mínimos permisibles. (Montejo, 2002)

2.4 Estudio de tráfico

El estudio de tráfico vehicular tiene por finalidad cuantificar, clasificar y conocer el volumen de los vehículos que se movilizan por la carretera, así como estimar el origen y destino de los vehículos.

El tráfico es muy importante en el diseño de pavimentos, estos datos se obtiene determinando el número de repeticiones de cada tipo de eje en el periodo de diseño, con un tráfico inicial medio en el campo.

2.4.1 Composición del tráfico.

Para determinar el TPDA se considera la composición de tráfico, que consiste en clasificar los vehículos por tipo y tamaño y por la influencia que producen en la vía. Del conteo manual de tráfico que se realizó obtuvimos los porcentajes de composición de tráfico del valor total de cada uno de los tipos de vehículos dividido para el número total de vehículos equivalentes, en base a las estaciones determinadas y en el día mencionado anteriormente proveniente por el conteo manual. Considerando el número y disposición de los ejes, los vehículos se clasifican en la siguiente manera.

Vehículos Livianos: Son los que están destinado al transporte de carga liviana y movilización familiar y automóviles, camionetas de dos ejes.

Vehículos Pesados: Son destinadas al transporte de carga pesada donde poseen más de 2 ejes sencillo doble llanta, camiones o cualquier vehículo de servicio público con un

peso descargado de 1500 kg o más. (Cárdenas Grisales James Diseño Geométrico de Carreteras)

2.4.2 Calculo del TPDA.

Para calcular el TPDA se dispone de los datos obtenidos de la estación de conteo ubicado en la abscisa 0+1000, ya que sea realizada en forma diaria, semanal o estacional.

Una vez determinado el TPDA se podrá contar con los datos necesarios para determinar la proyección del tráfico, para un periodo de 20 años de vida útil. Este dato se lo utiliza para la clasificación de la carretera y para determinar el nivel de servicio que operara la vía después de su construcción. (Cárdenas Grisales James Diseño Geométrico de Carreteras)

Para determinar el TPDA se considera la siguiente ecuación:

$$\text{TPDA} = T_p + T_D + T_d + T_G$$

A. Trafico Actual (TA)

Es el más importante de todos porque es el que consigue por medio de los contadores de tráfico en especial el contador manual, es el más certero y exacto. Se la define como el volumen de vehículo que circula actualmente por la vía antes de ser diseñada. Se aplicara la siguiente ecuación:

$$T_A = \frac{\text{Total de vehículos equivalentes}}{\text{\# Días de conteo}}$$

B. Trafico Proyectado (TP)

En carreteras normalmente el proyecto del tráfico es un número determinado de años adelantado a la fecha en que se pondrá de función la vía. Su periodo normal para pavimentos flexibles esta entre a 12 a 15 años y para pavimentos rígidos su periodo esta entre 25 y 30 años. Para este caso se utiliza la siguiente ecuación:

$$T_P = T_A (1 + i)^n$$

C. Trafico por Desarrollo (TD)

Este es un tráfico adicional que se lo concibe por el aumento vehicular que acontece por el desarrollo industrial de la zona motivada por la nueva implantación de la vía. Se lo considera a un tiempo igual a 3 años. Se considera la siguiente ecuación:

$$T_D = T_A (1 + i)^{n-3} - T_A$$

D. Trafico desviado (Td)

Es aquel que es atraído por la novelería de los conductores desde otras carreteras, una vez que entre en servicio la vía mejorada ofreciendo un mejor servicio por tener un mejor trazado, mejor pendientes, mejor radios de curvatura,

ofrece mayor rapidez y ahorro de combustible y llantas se considera la siguiente ecuación:

$$T_d = 20\% (T_P - T_D)$$

E. Tráfico Generado (TG)

Es el que se produce por la atracción que ejerce la vía en los conductores debido a las mejoras que presenta el proyecto.

$$T_G = 0.20 (T_P + T_D)$$

2.5 Ensayos de laboratorio suelo existente

Las muestras tomadas en el muestreo de campo serán llevadas al laboratorio y realizaremos los ensayos respectivos. A continuación determinamos los siguientes ensayos (Ing. Nieto Marín /Libro de mecánica de suelo).

- ✓ Contenido natural de humedad
- ✓ Pasante tamiz 200
- ✓ Granulometría
- ✓ Límites de Atterberg
- ✓ Ensayos de PROCTOR
- ✓ Ensayos de CBR

2.5.1 Contenido natural de humedad.

Es el contenido de agua de un suelo, es la relación entre el peso del agua contenida con la muestra y el peso de la muestra después de ser sacada del horno. (Ing. Nieto Marín /Libro de mecánica de suelo)

2.5.2 Límites de Atterberg.

Son también llamados límites de consistencia, es aquel que nos permite medir el nivel de grado de cohesión de las partículas del suelo y su resistencia a aquellas fuerzas exteriores que tienden a deformarlo o destruir su estructura.

Según su contenido de agua en orden decreciente, un suelo susceptible de ser plástico puede estar en cualquiera de los siguientes estados de consistencia definidos por Atterberg. (Ing. Nieto Marín /Libro de mecánica de suelo)

- ✓ Estado líquido
- ✓ Estado Plástico
- ✓ Estado semisólido
- ✓ Estado sólido

Todos los límites de consistencia se determinan empleando el suelo que pase por la malla N° 40. La diferencia entre los límites líquido y plástico nos da el llamado índice plástico (I_p)

$$I_p = LI - Lp$$

El índice de plasticidad indica el rango de humedad a través del cual los suelos con cohesión tienen propiedades de un material plástico.

Dentro de los límites de consistencia encontramos límite líquido (LI), Límite plástico (L_p), límite de contracción (L_c).

a) Límite líquido (LI)

Se define como el contenido de humedad expresado en porcentaje con respecto al peso seco de la muestra con el cual el suelo cambia del estado líquido a plástico.

De acuerdo con esta definición los suelos plásticos tienen en este límite una resistencia baja de 25 g/cm². La cohesión de un suelo en este límite es casi nula.

b) Límite Plástico (L_p)

Se define como el contenido de humedad expresado en porcentaje con respecto al peso seco de la muestra secada en el horno, para lo cual los suelos cohesivos pasan de un estado semisólido a un estado plástico.

2.5.3 Análisis granulométrico.

Consiste en separar y clasificar por tamaños los granos que lo componen, con el fin de clasificar suelos gruesos o de observar si cumplen las especificaciones, y su

finalidad es obtener la distribución por tamaños de partículas presentes en una muestra de suelo. (Ing. Nieto Marín /Libro de mecánica de suelo.

2.5.4 Ensayo de compactación Proctor.

Se entiende por compactación de los suelos al incremento artificial de su peso específico seco, por medios mecánicos. Este ensayo consiste en determinar la densidad seca máxima del suelo y la humedad optima de compactación de la subrasante. (Ing. Nieto Marín /Libro de mecánica de suelo)

2.5.5 CBR.

Es una medida de resistencia del esfuerzo cortante de un suelo, bajo condiciones de humedad y densidad cuidadosamente controladas, que tiene aplicación en el diseño de pavimentos.

En el diseño de pavimentos flexibles el C.B.R que se utiliza es el valor que se obtiene para penetración de 0.254 cm (0.1”) o 0.508 cm (0.2”) en la mayoría de los suelos el valor de penetración de 0.254 cm da un mayor C.B.R. (Ing. Nieto Marín /Libro de mecánica de suelo)

2.6 Diseño de pavimento flexible por el método de la aashto'93

- ✓ Serviciabilidad Inicial (Po) y Final (Pt)
- ✓ Confiabilidad de diseño: Niveles de confiabilidad
- ✓ Desviacion Standard: Condiciones de diseño
- ✓ Modulo Resiliente de la Subrasante
- ✓ Coeficiente de Drenaje: Calidad de drenaje
- ✓ Numero estructural : Coeficientes estructurales.

2.6.1 Serviciabilidad (PSI).

Se Define como la capacidad del pavimento para brindar un uso confortable y seguro a los usuarios. Se mide en una escala 0 a 5, en donde (0) significa una calificación para pavimentos intransitables y 5 para pavimentos excelentes, como se indica en la tabla 1 (Montejo, 2002)

Tabla 1: Serviciabilidad (PSI)

PSI	Condición
0 a 1	Muy pobre
1 a 2	Pobre
2 a 3	Regular
3 a 4	Buena
4 a 5	Muy buena

Fuente: AASHTO 2002

2.6.1.1. Serviciabilidad inicial (PO).

Es la condición que tiene el pavimento inmediatamente después de la construcción del mismo. Los valores establecidos por las AASHTO'93 son: para pavimentos flexibles $P_o = 4.2$; y para pavimentos rígidos $P_o = 4.5$.

Para el diseño de la vía en estudio la serviciabilidad inicial es de 4.2, mientras mejor índice inicial tenga mayor será su vida útil.

2.6.1.2 Serviciabilidad final (PT).

Es el índice más bajo que puede tolerarse antes de que sea necesario reforzar el pavimento o rehabilitarlo. La AASHTO '93 ha establecido:

$P_t = 2.0$ para caminos de menor tránsito (Montejo, 2002)

$P_t = 2.5$ y más; para caminos muy importantes.

2.6.2 Confiabilidad de diseño (R%).

Está definida como la probabilidad de que un pavimento desarrolle su vida útil en condiciones adecuadas para su operación. La incertidumbre siempre se ha tenido en cuenta a través del uso de factores de seguridad surgidos de la experiencia. Cuantos mayores sean las incertidumbres, mayores deberán ser los coeficientes de seguridad. (Montejo, 2002)

La tabla 2. presenta los niveles de confiabilidad recomendados para varias clasificaciones de caminos.

Tabla 2 : Niveles de Confiabilidad

Clase de Carretera	Confiabilidad Recomendada	
	Zona Urbana	Zona Rural
Rutas Interestatales y autopista	85 a 99,9	80 a 99,9
Arterias principales	80 a 99	75 a 99
Colectoras	80 a 95	75 a 95
Locales	50 a 80	50 a 80

Fuente: AASHTO 2002

2.6.3 Desviación Standard (SO).

Es una medida del desvío de datos con respecto al valor medio. Cuanto menor sea (So) los datos medidos estarán más próximos a la media. El coeficiente de variación es la relación entre la So para la media. (Montejo, 2002)

Tabla 3: Desviación Standard sugerida por AASHTO'93

Condición de diseño	Desvió Standard
Variación en la predicción del comportamiento del pavimento sin errores en el transito	0,34 (pav. Rígidos)
Variación en la predicción del comportamiento del pavimento con errores en el transito	0,44 (pav. Flexible)
Variación en la predicción del comportamiento del pavimento con errores en el transito	0,93 (pav. Rígidos)
Variación en la predicción del comportamiento del pavimento con errores en el transito	0,49 (pav flexible)

Fuente: AASHTO 2002

La AASHTO recomienda valores de desviación estándar de 0.45 para pavimentos flexibles que es un valor promedio entre 0.40 – 0.50

2.6.4 Modulo Resiliente (MR).

Es una medida de las propiedades elásticas del suelo, al someterlos a ciclos repartidos de cargas, teniendo en cuenta su comportamiento no lineal. El ensayo para determinarlo esta descrito en la norma AASHTO, y consiste en someter una probeta a un número dado de ciclos de carga axial con magnitud, frecuencia y duración especificados, usando el equipo para el ensayo triaxial.

Este representa la relación entre el esfuerzo y deformación de los materiales.

$$M_r = \frac{f_d}{E_r} \frac{\text{esfuerzo desviador (kg)}}{\text{deformación axial resiliente (cm}^2\text{)}}$$

Para el diseño de la vía en estudio el módulo resiliente se lo determino usando ecuaciones de Potter y Cowel, dependiendo del CBR obtenido en los ensayos de suelo. (Montejo, 2002)

$2\% < CBR < 12\%$	$M_R \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 180 \text{ (CBR)}^{0.64}$
$12\% < CBR < 80\%$	$M_R \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 225 \text{ (CBR)}^{0.55}$

2.6.5 Coeficiente de drenaje (CD).

En cualquier pavimento, el drenaje es un factor determinante en el comportamiento de la estructura del pavimento a lo largo de su vida útil. El efecto del drenaje en los pavimentos flexibles se toma en cuenta en la guía de 1993, respecto al efecto que tiene el agua sobre la resistencia del material de la base y de la subrasante. (Montejo, 2002)

En la tabla 4 se muestra los valores del coeficiente de drenaje de acuerdo a su calidad.

Tabla 4: Coeficiente de drenaje

COEFICIENTES DE DRENAJE

Calidad de Drenaje	m
Excelente	1.20
Bueno	1.00
Regular	0.80
Pobre	0.60
Muy Pobre	0.40

Fuente: AASHTO 2002

2.6.6 Numero estructural (SN).

El número estructural es un valor abstracto que representa la resistencia total de la estructura de un pavimento para una determinada categoría de sub-rasante, condición de tráfico e índice de servicio al final de la vía útil. Para convertir el SN a espesores de capas, se utilizan los coeficientes estructurales que representan los aportes de las distintas capas de la estructura del pavimento.

$$SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 + a_3 D_3$$

D1, D2, D3: son espesores de las capas del rodamiento, base y sub-base, respectivamente.

a1, a2, a3: constantes (Montejo, 2002)

Una vez obtenido los parámetros se procede a calcular los espesores del pavimento para la vía en estudio. Este cálculo se lo puede determinar por medio de la ecuación de la AASHTO, por medio del ábaco de diseño de la AASHTO para pavimentos flexibles. O a su vez utilizar el programa AASHTO'93 para diseños de pavimentos.

Ecuación de Diseño

$$\log(N) = Z_r \times S_o + 9.36 \times \log(SN + 1) - 0.20 + \left[\frac{\log\left(\frac{\Delta IPS}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \left(\frac{1.094}{(SN + 1)^{5.19}}\right)} \right] + 2.32 \times \log(Mr) - 8.07$$

Fuente: Libro de parámetros.blogpost

Ecuación AASHTO 93

Tipo de Pavimento
 Pavimento flexible Pavimento rígido

Confianza (R) y Desviación estándar (So)
95 % Z=-1,645 So = 0,45

Serviciabilidad inicial y final
PSI inicial = 4,2 PSI final = 2

Módulo resiliente de la subrasante
Mr = 36000 psi

Información adicional para pavimentos rígidos

Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi) Coeficiente de transmisión de cargas - Wt
Módulo de rotura del concreto - Sc (psi) Coeficiente de drenaje - (Cd)

Tipo de Análisis
 Calcular SN **W18 = 559982** Calcular W19

Número Estructural
SN = 1,78

Calcular Salir

Ilustración 3: Programa de Ecuación de la AASHTO'93
Fuente: AASHTO 2002

CAPITULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 Estudios de tráfico vehicular

El estudio de tráfico vehicular es uno de los factores más importante a considerar en la búsqueda para el diseño de la vía, y así proyectar la vía a futuro en la cual deber tener la capacidad estructural de absorber las cargas impuestas de los vehículos que transitan actualmente y a futuro y así brindar confort a los usuarios y satisfacción al utilizarla.

El estudio vehicular lo realizaremos mediante un aforo de trafico actual en volumen y tipo de vehículos y así determinar mi trafico futuro mediante formulas estadísticas.

3.1.1 Aforo de tráfico.

El Aforo de Trafico sirve para determinar la cantidad de vehículos que transitan diario por una vía. El aforo de tráfico se realizó desde la abscisa 0+000 intersección ala Av. Tanasa que coincide con la vía duran tambo y en la abscisa 0+1000, con la cual obtenemos datos reales de los vehículos y camiones que diario utilizan la vía y así poder tener un diseño técnico y económico.

Los vehículos que ingresan a nuestra vía son los mismos que salen, ya que esta vía es la única arteria principal por la cual pueden circular los vehículos hacia su diferentes destinos.

Se realizó el conteo manual donde utilizamos la siguiente hoja de campo con la clasificación general de los vehículos, para esto se ubicó una estación de registro al inicio de la vía, por lo cual se hizo un conteo durante 3 días las 24 horas ida y vuelta.

Los resultados se los detalla en los anexos.

ESTACION:		INACONTES						ECHA						
DIRECCION:														
HORA	CAMIONES		BUSES		CAMIONES								TOTAL	
	Automóvil	Camióneta	Busa	Bus	CP	CE	CS	CS2	CS3	CS4	CS5	CS6		
0600-0700														
0700-0800														
0800-0900														
0900-1000														
1000-1100														
1100-1200														
1200-1300														
1300-1400														
1400-1500														
1500-1600														
1600-1700														
1700-1800														
1800-1900														
1900-2000														
2000-2100														
2100-2200														
2200-2300														
2300-2400														
2400-0100														
0100-0200														
0200-0300														
0300-0400														
0400-0500														
0500-0600														
Suma														

Ilustración 4: Hoja de campo de conteo de vehículos

Fuente: Diego Andrés Vacacela Maruri

Los datos obtenidos se establecerán los valores del TPDA (trafico promedio diario anual)

Estos datos nos servirán de mucha ayuda para poder determinar los parámetros de diseño. Para clasificar el tipo de vehículos que circula actualmente en la vía en estudio, se lo determino mediante las tablas que proporciona el MTOP (Ministerio de transporte de obras públicas); donde nos indica el tipo de vehículos, números de ejes, pesos y dimensiones. Ilustración (5 – 6)

TIPO	DISTRIBUCIÓN MÁXIMA DE CARGA POR EJE	DESCRIPCIÓN	PESO MÁXIMO PERMITIDO (Ton.)	LONGITUDES MÁXIMAS PERMITIDAS (metros)		
				Largo	Ancho	Alto
2 D			7	5,00	2,60	3,00
2DA			10	7,50	2,60	3,50
2DB			18	12,20	2,60	4,30
3-A			27	12,20	2,60	4,30
4-C			31	12,20	2,60	4,30
4-D			30	12,20	2,60	4,30
V2DB			18	12,20	2,60	4,30
V3A			27	12,20	2,60	4,30
VZS			27	12,20	2,60	4,30
T2			18	8,50	2,60	4,30
T3			27	8,50	2,60	4,30
S3			24	13,00	2,60	4,30
S2			20	13,00	2,60	4,30
S1			11	13,00	2,60	4,30
R2			22	10,00	2,60	4,30
R3			33	10,00	2,60	4,30
B1			11	10,00	2,60	4,30
B2			20	10,00	2,60	4,30
B3			24	10,00	2,60	4,30

Ilustración 5: Peso y dimensiones MTOP

Fuente: Ministerio de Transporte de Obras Públicas MTOP

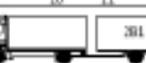
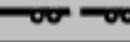
TIPO	DISTRIBUCIÓN MÁXIMA DE CARGA POR EJE	DESCRIPCIÓN	PESO BRUTO VEHICULAR MÁXIMO PERMITIDO (toneladas)	LONGITUDES MÁXIMAS PERMITIDAS (metros)		
				Largo	Ancho	Alto
2S1			29	20,50	2,60	4,30
2S2			38	20,50	2,60	4,30
2S3			42	20,50	2,60	4,30
3S1			38	20,50	2,60	4,30
3S2			47	20,50	2,60	4,30
3S3			48	20,50	2,60	4,30
2R2			40	20,50	2,60	4,30
2R3			48	20,50	2,60	4,30
3R2			48	20,50	2,60	4,30
3R3			48	20,50	2,60	4,30
2B1			29	20,50	2,60	4,30
2B2			38	20,50	2,60	4,30
2B3			42	20,50	2,60	4,30
3B1			38	20,50	2,60	4,30
3B2			47	20,50	2,60	4,30
3B3			48	20,50	2,60	4,30

Ilustración 6: Peso y dimensiones MTOP

Fuente: Ministerio de Transporte de Obras Públicas MTOP

A continuación presentamos los resultados de aforo de tráfico realizado en la estación de conteo ubicada en la abscisa 0+000 hasta la abscisa 0+1000.

Tabla 5: Resumen de conteo de trafico

PROYECTO: ESTUDIOS DE INGENIERÍA DEFINITIVOS PARA LA REHABILITACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA VIA KM 4,5 DURAN PARA EL ACCESO A ZONAS INDUSTRIALES - CANTON DURAN											
UBICACIÓN: Av. semillas - Cantón Duran - Provincia del Guayas											
Horas: 24			Inicio: 6:00 AM			Final: 24:00 PM			Flujo: Ida - Vuelta		
Fecha: 1 Julio- 3 de Julio			Días: Viernes, Sábado y Domingo								
RESUMEN DE CONTEO DE TRAFICO - HORA PICO											
Dias	Livianos		Camiones simple		Camiones pesados					Suma	Suma Equivalente
	Automovil	Camioneta	2DA	2DB	T3	2S1	3S1	2S2	3S2		
Viernes	32	25	2	2	1	2	1	2	1	68	78,18
Sábado	38	45	3	2	1	1	1	1	1	93	101,90
Domingo	15	20	0	0	0	0	0	0	0	35	35,00
Suma	175		5	4	2	3	2	3	2	196	215,08
Porcentaje	89%		3%	2%	1%	2%	1%	2%	1%	100%	

Fuente: Diego Andrés Vacacela Maruri

$$\text{TPDA} = \frac{\text{Suma Equivalente}}{2}$$

$$\text{TPDA} = \frac{101,90}{0,16}$$

$$\text{TPDA} = 636,875 \quad 318,4375$$

TRAFICO ACTUAL

$$\text{TPD} = \text{HORA PICO/ FACTOR ANUAL}$$

$$\text{TPD} = 636,88$$

TA = 318,4375 (Se lo divide para dos debido a que la proyección se la realiza en un solo sentido)

TA = 318 VEHI/DIAS

TRAFICO PROYECTADO

TP = TA (1+i)ⁿ

TP = 610

TRAFICO POR DESARROLLO

TD = TA((1+i)ⁿ⁻³) -TA

TD = 234,246009

TRAFICO POR DESVISADO

Td = 20% (TP-TD)

Td = 74,8992777

TRAFICO GENERADO

TG = 0,20 (TP+TD)

TG = 168,597681

TRAFICO PROMEDIO DIARIA ANUAL

TPDA = TP+TD+Td+TG

TPDA = 1086,48537

3.1.2 Clasificación de la vía en función del TPDA.

Para diseñar diferentes clases de carretera en el país, el ministerio de transporte de obras de públicas (MTO) recomiendan clasificar las carreteras en función del tráfico proyectado tal como se indica en la (tabla 6)

Tabla 6: Clasificación de la carretera en función del TPDA

Clase de Carretera	Trafico Proyectado TPDA
RI o RII	Más de 8.000
I	3000 a 8000
II	1000 a 3000
III	300 a 1000
IV	100 a 300
V	Menos de 100

Fuente: MTO 2003

El MTO también establece una clasificación de la vía en base a la función que cumple, se la puede determinar con la (tabla 7) de acuerdo al TPDA proyectado.

Tabla 7: Función y Clasificación de la carretera según el MTOP

Función	Clase de Carretera (Según MTOP)	TPDA (Año final de diseño)
CORREDOR ARTERIAL	RI o RII	Más de 8.000
	I	3000 a 8000
	II	1000 a 3000
COLECTORA	III	300 a 1000
	IV	100 a 300
VECINAL	V	Menos de 100

Fuente: MTOP 2003

3.1 Parámetros de diseño

3.2.1 Velocidad de diseño.

Es una velocidad muy importante porque con ella se determina los elementos geométricos de la vía por ejemplo curvas horizontales, curvas verticales y peralte etc. También es la velocidad que se puede viajar un vehículo con todas las seguridades del caso. La selección de la velocidad diseño está influida también con la topografía del terreno, el tipo de carretera y volumen de tráfico.

En la siguiente (tabla 8) se consignan los valores de las velocidades de diseño recomendadas para el Ecuador.

Para el diseño tenemos las siguientes características:

Terreno: llano

Tipo de Carretera: II orden

Volumen de transito: 1.086 vehículos/día

Tabla 8: Velocidades de Diseño

Clase de Carretera	Valor Recomendable			Valor Absoluto		
	LL	O	N	LL	O	M
RI o RII Más de 8.000	120	110	90	110	90	80
I 3000 a 8000	110	100	80	100	80	60
II 1000 a 3000	100	90	70	90	80	60
III 300 a 1000	90	80	60	80	70	40
IV 100 a 300	80	60	50	60	35	25
V Menos de 100	60	50	40	50	35	25

Fuente: MTOP 2003

Nota: De acuerdo a la clase de carretera la $V_d = 100 \text{ km/h}$, en vista que la vía se encuentra en una zona industrial y poblada lo recomendable es utilizar una $V_d = 60 \text{ km/h}$ para evitar accidentes.

3.2.1.1 Velocidad de circulación.

Es la velocidad real de un vehículo a lo largo de sección específica de carretera y es igual a la distancia recorrida dividida por el tiempo de circulación de vehículos. Se considera que es un valor menor al de la de diseño que en casos que se excedan serán sancionados por la ley de tránsito. Se consideran que existen 2 velocidades de circulación.

a . Velocidad de circulación 1:

Es una velocidad que se denomina para tráfico bajo < 1000 (TPDA)

$$V_c = 0.80 \times V_d + 6.5$$

$$V_c = 0.80 \times 60 + 6.5$$

$$V_c = 55 \text{ km/h}$$

Esta velocidad se lo utiliza cuando determinamos la distancia de seguridad en vía y la distancia de visibilidad parada.

b. Velocidad de circulación 2:

El tráfico en función del TPDA >1000 > 3000 (TPDA)

$$Vc = 1.32 Vd$$

$$Vc = 1.32 \times 60$$

$$Vc = 79 \text{ km/h}$$

Bajo estas consideraciones esta velocidad se la utiliza para determinar la distancia de rebase. En la (tabla 9) se indica los correspondientes valores de las velocidades de circulación en ambos casos:

Tabla 9: Velocidad de Circulación

Velocidad de Diseño VD	Volumen de Tráfico Bajos	Volumen de Tráfico Altos
40	39	35
50	47	43
60	55	50
70	63	58
80	71	66
90	79	73
100	87	79
110	95	87
120	103	95

Fuente: MTOP 2003

3.2.1.2 Ancho de la calzada.

El ancho de la calzada se lo determina en función del volumen y composición de tráfico. Para un alto volumen de tráfico o para una alta velocidad de diseño se impone la provisión del máximo ancho del pavimento económicamente factible.

En la (tabla 10) se indican los valores de diseño para el ancho del pavimento en función de los volúmenes de tráfico para el Ecuador.

Tabla 10: Anchos de Calzada MTOP

Clase de carretera	Anchos de la Calzada	
	Recomendable	Absoluta
RI o RII Más de 8.000	7,3	7,3
I 3000 a 8000	7,3	7,3
II 1000 a 3000	7,3	6,5
III 300 a 1000	6,7	6
IV 100 a 300	6	6
V Menos de 100	4	4

Fuente: MTOP 2003

Para la vía de estudio en el ancho de la calzada será 7.30 m

3.3 Determinación de la proyección del tráfico

La proyección de tráfico se fundamenta en el desarrollo de tráfico (TPDA) asignado al proyecto por efectos de las tasas de crecimiento anual de vehículos.

Con esta base de datos se calculan los correspondiente TPDA proyectados según el tipo de vehículos. Además nos servirá si nuestra vía de estudio deberá aumentar su capacidad, esto se hace mediante la comparación entre el flujo máximo que puede soportar la vía y la proyección de tráfico de dicha vía.

Para el diseño de vía la proyección se ha determinado 20 años de vida útil con una tasa de crecimiento que va desde el 5% al 7%.

Para determinar el tráfico proyectado se realiza la siguiente formula:

$$TPDA_{2036} = TA(1 + i)^n$$

Dónde:

TA= Trafico actual 2016

I= Tasa de crecimiento

n= Periodo de proyección expresado en años

Tabla 11: Proyección de Tráfico 20 años

PROYECCION DEL TRANSITO (en un sentido)											
Nº Orden	Años	TPDA	Anual	VEHICULOS							
				Livianos	Caminones simple		Camiones Pesados				
					2DA	2DB	T3	2S1	3S1	2S2	3S2
					89%	3%	2%	1%	2%	1%	2%
0	2016	318	116230	103777	2965	2372	1186	1779	1779	1779	1186
1	2017	329	120065	107201	3063	2450	1225	1838	1838	1838	1225
2	2018	340	124027	110739	3164	2531	1266	1898	1898	1898	1266
3	2019	351	128120	114393	3268	2615	1307	1961	1961	1961	1307
4	2020	363	132348	118168	3376	2701	1350	2026	2026	2026	1350
5	2021	375	136716	122068	3488	2790	1395	2093	2093	2093	1395
6	2022	387	141227	126096	3603	2882	1441	2162	2162	2162	1441
7	2023	400	145888	130257	3722	2977	1489	2233	2233	2233	1489
8	2024	413	150702	134556	3844	3076	1538	2307	2307	2307	1538
9	2025	427	155675	138996	3971	3177	1589	2383	2383	2383	1589
10	2026	441	160813	143583	4102	3282	1641	2461	2461	2461	1641
11	2027	455	166119	148321	4238	3390	1695	2543	2543	2543	1695
12	2028	470	171601	153216	4378	3502	1751	2627	2627	2627	1751
13	2029	486	177264	158272	4522	3618	1809	2713	2713	2713	1809
14	2030	502	183114	163495	4671	3737	1869	2803	2803	2803	1869
15	2031	518	189157	168890	4825	3860	1930	2895	2895	2895	1930
16	2032	535	195399	174463	4985	3988	1994	2991	2991	2991	1994
17	2033	553	201847	180221	5149	4119	2060	3089	3089	3089	2060
18	2034	571	208508	186168	5319	4255	2128	3191	3191	3191	2128
19	2035	590	215389	192311	5495	4396	2198	3297	3297	3297	2198
20	2036	610	222497	198658	5676	4541	2270	3406	3406	3406	2270
			SUMA	3073846	87824	70259	35130	52695	52695	52695	35130

Fuente: Diego Andrés Vacacela Maruri

3.4 Cargas equivalentes a eje simple (ESAL'S)

Para Evaluar el efecto en un pavimento de las diferentes cargas a la estándar de 802 toneladas; (8200 kg o 18000 lb), se utiliza el llamado “factor de equivalencia de carga”, que es el factor por el que se debe multiplicar cualquier número de ejes de determinada carga para convertir su efecto en el producido por un determinado número de ejes simples de 8.2 toneladas.

El cálculo del ESAL'S del presente estudio se obtiene de los datos del volumen de tráfico, es decir con los cálculos de los vehículos livianos, buses, y camiones calculado a una proyección de 20 años.

Los Factores de equivalencia son:

Para eje simple:		
$F_s = \left(\frac{L_s}{8.2} \right)^4$	\Rightarrow	Ls: carga por eje simple (ton).
Para eje tándem:		
$F_t = \left(\frac{L_t}{15} \right)^4$	\Rightarrow	Lt: carga por eje tándem (ton).
Para eje tridem		
$F_s = \left(\frac{L_{tr}}{18.2} \right)^4$	\Rightarrow	Ltr: carga por eje tridem (ton).

TABLA 12: Calculo de cargas equivalente y tipo de transito

CARGA EQUIVALENTE								
Tipo	Vehiculos	Cargas Ejes (ton)			Factores de conversion			ESAL'S
		Delantero	Intermedio	Trasero	Delantero	Intermedio	Trasero	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
LIVIANOS	3073846	1		3	0,00022		0,01792	55749
2DA	87824	3		7	0,01792		0,53105	48213
2DB	70259	7		11	0,53105		3,23829	264831
T3	35130	7		20	0,53105		3,16049	129683
2S1	52695	7	11	11	0,53105	3,23829	3,23828696	198623
3S1	52695	7	20	11	0,53105	3,16049	3,23829	198623
2S2	52695	7	11	20	0,53105	3,23829	3,16049	194524
3S2	35130	7	20	20	0,53105	3,16049	3,16049	129683
							SUMA	1219930

Fuente: Diego Andrés Vacacela Maruri

Calculo de numero de diseño de transito

$NDT = S \text{ ESAL'S}$

7300

$NDT = \frac{1219930}{7300}$

7300

$NDT = 167,11$

NDT	Tipo de Tránsito
menor que 10	Liviano
de 10 a 100	Medio
de 100 a 1000	Pesado
mayo que 1000	Muy pesado

Como mi NDT es de 167,11 se puede concluir que mi transito es PESADO

3.5. Estudios de suelos

3.5.1 Exploración y muestreo del suelo.

Para el estudio de diseño de la vía km 4.5 Duran Tambo avenida Tanasa Intersección a la avenida semillas, se realizó una exploración y recorrido por la zona para determinar los puntos donde se van a realizar las perforaciones y la toma de muestras para los diferentes ensayos de laboratorio. Mediante estos ensayos se podrá determinar las características y el tipo de suelo de la vía en estudio. Además de esto se podrá determinar si el tipo suelo sirve como material de mejoramiento para futuras obras a realizarse.

La vía en estudio se encuentra en la actualidad en mal estado, presenta daños graves como deformaciones y asentamiento en su estructura relleno de cascajo; en lo cual se procedió en excavar, hasta encontrar el terreno natural. En esta etapa la obtención de las muestras respectivas, se lo hace cuidando que se representativa del sitio y la profundidad deseada ya que estas nos proporcionaran datos que repercutirán en los resultados posteriores

Una vez realizado la exploración de la zona se procedió a realizar las perforaciones en los sitios ya definidos el número de perforaciones y la profundidad de la misma depende del tipo de subsuelo y de la importancia de la obra a realizarse. Para este tipo de obras se hacen perforaciones de 0.5 y 1.5 metros, con herramientas apropiadas

(Ilustración 7) con lo que estaremos cumpliendo con los requerimientos mínimos de estudios recomendados por el MOP (Guías para estudios de factibilidad) y tener una idea clara de los tipos de suelos, con el fin de identificar la zona, cuyos suelos sean similares.

Para realizar el proceso de excavación se utilizaron las siguientes herramientas.

- ✓ Barreta
- ✓ Pala
- ✓ Excavadora Manual
- ✓ Bolsas y Flexómetro



Ilustración 7: Herramientas de excavación

Fuente: Diego Andrés Vacacela Maruri

Las muestras se las tomaron alteradas, que son aquellas que no guardan las mismas condiciones que cuando se encontraba en el terreno de donde procede, quiere decir que su estructura física a sido deformada. Las muestras corresponde a 2 calicatas a cielo abierto, que alcanzaron una profundidad de 1.50 metros como promedio, las mismas que fueron ejecutadas en sitios estratégicos del área que corresponde a la implantación del proyecto.

Tabla 13 : Calicatas

ABSCISA	CALICAT A	ESPESOR/TERRE NO MEJORADO	UBICACIÓN RESPECTO AL EJE DE LA VÍA
0+250	Calicata # 1	10	a la izquierda
0+750	Calicata # 2	15	en el centro

Fuente: Diego Andrés Vacacela Maruri

Primero se excava 50 cm para observar si existen diferentes extracto. En caso que se constante se excava hasta 1.00 m, pero es recomendable excavar 1.50 cm, ya que ahí es donde se van a disipar las cargas en la vía. Todo el material cargado se lo llena en bolsas, que luego serán llevados al laboratorio para diferentes estudios (Ilustracion 8).



Ilustración 8: Toma de muestras del suelo
Fuente: Diego Andrés Vacacela Maruri

Con esto nos aseguraremos que el proyecto guarde uniformidad en sus tramos. Es de suma importancia que se identifique las características de los suelos en cada calicata realizada, considerando su profundidad, ubicación, espesor, textura etc.

3.5.2 Ensayos de laboratorio.

Una vez concluido el proceso de campo, se llevaron las muestras al laboratorio, donde se realizaran todas las pruebas de rigor las cuales se detallan más adelante, con estos ensayos se establecerán las características físicas y mecánicas del terreno natural de la vía de estudio.

Para poder realizar los ensayos de suelos se solicitó el “ **Laboratorio de mecánica de suelos Ing. Dr. Arnaldo Rufili**” de la facultad de ciencias matemáticas y física (Ilustración 9) donde se nos prestó toda la colaboración necesarias por parte de los laboratorista encargados.



Ilustración 9: Laboratorio de mecánicas de suelos
Fuente: Diego Andrés Vacacela Maruri

Los datos arrojados por los diferentes ensayos realizados se los anota en hojas de reporte, dependiendo el tipo de ensayo realizado, luego estos serán calculados y determinar los datos que sean necesarios para el diseño de la vía.

3.5.3 Humedad natural

Es el ensayo que se efectúa más a menudo en los laboratorios de suelos. En la tabla 14 se presentan los cálculos obtenidos del contenido de humedad natural, realizados en el laboratorio.

Tabla 14: Contenido de humedad

Abscisa	# De calicata	Contenido de humedad (W %)
0+ 250	Calicata # 1	3,17
0+750	Calicata # 2	16,3

Fuente: Diego Andrés Vacacela Maruri

De los datos obtenidos, se puede observar que las humedades naturales son variables y tiene un valor mínimo de 3.17 % y un máximo de 16.30 %.

Nota: Los cálculos lo podemos encontrar en los anexos

3.5.4 Límites de Atterberg

Son también llamados límites de consistencia, es aquel que nos permite medir el nivel de grado de cohesión de las partículas del suelo. Para determinar los límites de atterberg se realiza los ensayos de limite líquido y limite plástico.

a. Limite liquido (LI)

Se define como el contenido de humedad expresado en porcentaje con respecto al peso seco de la muestra con el cual el suelo cambia del estado líquido a plástico.

De acuerdo con esta definición los suelos plásticos tiene en este límite una resistencia baja de 25 g/cm². La cohesión de un suelo en este límite es casi nula.

b. Limite Plástico (Lp)

Se define como el contenido de humedad expresado en porcentaje con respecto al peso seco de la muestra secada en el horno, para lo cual los suelos cohesivos pasan de un estado semisólido a un estado plástico.

Tabla 15: Resultados del laboratorio limite líquido y limite plástico.

Abscisa	# De calicata	Limite liquido	Limite plástico	Índice de plasticidad	Simbología
0+ 250	Calicata # 1	44	28,27	15,7	CL
0+750	Calicata # 2	46,2	23,3	22,9	CL

Fuente: Diego Andrés Vacacela Maruri

Nota: Los cálculos lo podemos encontrar en los anexos

3.5.5 Análisis granulométrico.

Consiste en separar y clasificar por tamaños los granos que lo componen con el fin de clasificar suelos gruesos o de observar si cumplen especificaciones.

Su finalidad es obtener la distribución por tamaños de partículas presentes en una muestra de suelo.

Así también es posible su clasificación mediante sistema como AASHTO o SUCS, el ensayo es importante, ya que gran parte de los criterios de aceptación de suelos podrán ser utilizados en bases o sub-bases en carreteras, presas de tierra o diques, drenaje etc. y todos depende de este análisis.



Ilustración 10: Tamizado del material del suelo

Fuente: Diego Andrés Vacacela Maruri

3.5.6 Clasificación de los suelos.

El sistema más comúnmente usado para la clasificación de los suelos es el SUCS (Sistema unificados de clasificación de suelos) también es frecuentemente usado en el sistema de clasificación AASHTO.

3.5.6.1 Clasificación de los suelos AASHTO.

De acuerdo a esta clasificación los suelos se dividen en dos clases:

1. Suelos granulares
2. Suelos de granulometría fina

CLASIFICACION AASHTO								
Grupo		Predomina	% finos	IP	Pasa	Acumulado		
GRUESO ($\leq 65\%$)	A - 1	A - 1a	Grava	≤ 15	≤ 6	≤ 50	≤ 30	
		A - 1b	Arena	≤ 25	≤ 6		≤ 50	
	A - 2	A - 2 - 4	Gravas y arenas con limo		≤ 35	≤ 10		
		A - 2 - 5						
		A - 2 - 6	Gravas y arenas con arcilla		≥ 11			
		A - 2 - 7						
A - 3	Arena fina	≤ 10	NP		≥ 51			
Malla No. 200								
FINOS ($> 35\%$)	A - 4	Limos		> 35	≤ 10			
	A - 5							
	A - 6	Arcillas						
	A - 7	A - 7 - 5	IP \leq WL - 30	≥ 11				
		A - 7 - 6	IP $>$ WL - 30					
	La identificación de los finos se hace en la carta de plasticidad AASHTO							

Ilustración 11: Clasificación de la AASHTO
Fuente: Libro de mecánica de suelos Ing. Marín Nieto

3.5.6.2 Clasificación de suelos SUCS.

Este sistema cubre los suelos gruesos y suelos finos, distinguiéndose ambos por el cribado a través de la malla N°200, las partículas gruesas son mayores que dicha malla y las finas son menores.

SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELO						
		Símbolo	% finos			
Grueso > 50%	Grava	Bien graduada	GW	< 5	Cu > 4; Cc entre 1 y 3	
		Mal graduada	GP	< 5	Falla Cu ó Cc	
		Limosa	GM	> 12	Limite con pas. malla 40	Bajo Li. A
		Arcillosa	GC	> 12	Limite con pas. malla 40	Sobre "
	Arena	Bien graduada	SW	< 5	Cu > 6; Cc entre 1 y 3	
		Mal graduada	SP	< 5	Falla Cu ó Cc	
		Limosa	SM	> 12	Limite con pas. malla 40	Bajo Li. A
		Arcillosa	SC	> 12	Limite con pas. malla 40	Sobre "
Malla No. 200						
FINO > 50 %	Limo	Inorgánico de alta plasticidad, MH				
		Inorgánico de baja a media plasticidad, ML				
	Arcilla	Inorgánica de alta plasticidad, CH				
		Inorgánica de baja a media plasticidad, CL				
	Arcilla y limos orgánicos (en Carta de Plasticidad bajo línea A pero cercana a ella)			De alta plasticidad, OH De baja a media plasticidad, OL		
Los finos se clasifican según sus límites en la Carta de Plasticidad.						
Turba y suelos altamente orgánicos, Pt				300 ≥ WL ≤ 500 100 ≥ IP ≤ 200		

Ilustración 12: Sistema unificado de la clasificación de suelos
Fuente: Libro de mecánica de suelos- Laboratorio Ing. Marín Nieto

Nota: Los cálculos lo podemos encontrar en los anexos

3.6. Ensayo de compactación de Proctor

Este ensayo sirve para determinar la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad, que no es sino el contenido de humedad que da el más alto peso unitario seco.

A continuación presentamos la siguiente tabla en el cual se muestra los resultados obtenidos por el ensayo de compactación.

Tabla 16: Resultados obtenidos del laboratorio de suelos (C.O.H)

Abscisa	# De calicata	Densidad seca máxima KG/M3	Contenido óptimo de humedad
0+ 250	Calicata # 1	1.898,08	9,11
0+750	Calicata # 2	1.652,79	13,57

Fuente: Diego Andrés Vacacela Maruri

Nota: Los cálculos lo podemos encontrar en los anexos

3.7 CBR

Es una medida de resistencia del esfuerzo cortante de un suelo, bajo condiciones de humedad y densidad cuidadosamente controladas, que tiene aplicación en el diseño de pavimentos.

En el diseño de pavimentos flexibles el C.B.R que se utiliza es el valor que se obtiene para penetración de 0.254 cm (0.1") o 0.508 cm (0.2") en la mayoría de los suelos el valor de penetración de 0.254 cm da un mayor C.B.R.

A continuación se detallan los CBR calculados, realizados tanto en los materiales encontrados en el terreno de fundación.

Tabla 17: Resultados obtenidos en el laboratorio de suelos (CBR%)

Abscisa	# De calicata	Densida	CBR %
		d máxima (95%) KG/M3	
0+ 250	Calicata # 1	1803,18	5,45
1+000	Calicata # 2	1512,92	9,20

Fuente: Diego Andrés Vacacela Maruri

Nota: Los cálculos lo podemos encontrar en los anexos

3.7.2 CBR de diseño.

Para determinar el CBR de diseño a utilizar en el proyecto se realizaron los diferentes ensayos de suelos en el laboratorio de cada una de las calicatas los cuales permitirán verificar el esfuerzo cortante del suelo, y sus condiciones de equilibrio que se esperan al período de servicio del pavimento, Existen varios criterios para seleccionar el CBR de diseño adecuado, para esto el método más utilizado es el del instituto de asfalto que recomienda tomar un valor total, que puede ser el 60%, el 75% o el 85% de los valores individuales igual o mayor, de acuerdo con el tránsito de vehículos que se espera que transiten sobre el pavimento.

De acuerdo a la equivalencia del tráfico calculado que es de 1219930 se procede a seleccionar el porcentaje con el que se va a determinar el CBR de diseño para la vía en estudio.

Tabla 18: Instituto del Asfalto

Trafico Equivalente	Porcentaje %	Numero
< 10000	60	1
10000 - 1000000	75	2
>1000000	85	3

Fuente: Diego Andrés Vacacela Maruri

Tabla 19: Resultado de CBR de diseño

Muestra	Abscisa	CBR %	ORDENAMIENTO		%
			CBR %	n	
1	0+000	7,95	11,50	1	50,00
2	1+000	11,50	7,95	2	100,00

Fuente: Diego Andrés Vacacela Maruri

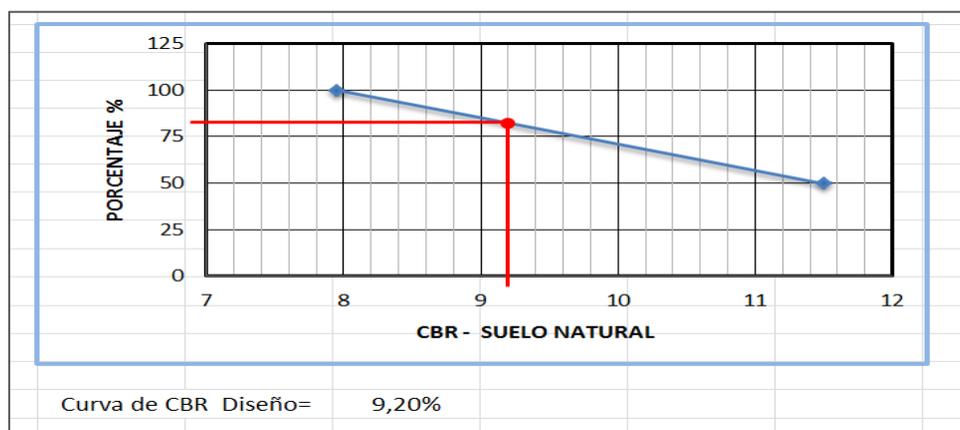


Ilustración 13: CBR de diseño
Fuente: Diego Andrés Vacacela Maruri

Tabla 20: Clasificación del suelo en función del CBR de diseño

CLASIFICACION	CBR DE DISEÑO
Muy pobre	< 3%
Pobre	3% - 5%
Regular	6% - 10%
Buena	11% - 19 %
Muy Buena	> 20%

Fuente: Diego Andrés Vacacela Maruri

De acuerdo a la clasificación del suelo en función del CBR, se obtiene un suelo regular.

3.8 Diseño de pavimento flexible por el método de la AASHTO '93

El sistema AASHTO '93 es el método que se ha tomado para el diseño del pavimento de la vía Duran Tambo – Avenida Semillas, en la cual está en vigencia en el ministerio de transporte y obras públicas y es el más apto para el diseño ya que toma en cuenta casi todos los factores que inciden en la estabilidad y en su durabilidad, tales como el comportamiento del pavimento, tráfico, características la sub-rasante, las características físico- mecánicas de los materiales de construcción, el medio ambiente, el drenaje y el grado de confiabilidad para que el pavimento a diseñarse cumpla todas las expectativas previstas.

Un pavimento debe ser estable, seguro y durable, por lo que es necesario conocer las consideraciones más importantes y los factores que tienen que ver con cada una de ellas. Para así poder realizar diseños confiables y óptimos al mismo tiempo. Estos parámetros a considerar son los siguientes:

3.8.1 Cálculo de espesores de pavimento por el programa de la AASHTO '93.

Con los Parámetros Obtenidos para un periodo de diseño de 20 años, se calculara los espesores de cada uno de los componentes estructurales del pavimento utilizando el programa de la ecuación de la AASHTO '93. Datos de los valores de resistencia de las capas del pavimento:

Tabla 21: Capas de espesores

Capas	CBR%	MR (PSI)
Sub-base	35	22568
Base	85	36765

Fuente: Diego Andrés Vacacela Maruri

Tabla 22: Parámetros de Diseño:

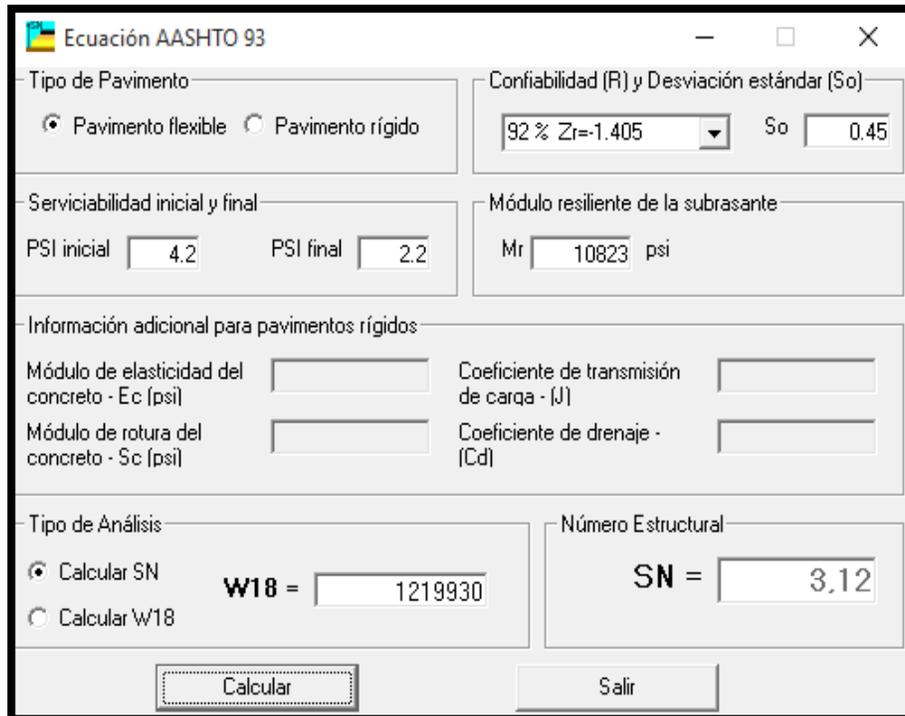
PARAMETROS	VALOR ASIGNADO
Confiability (R%)	92%
Desviación Estándar (So)	0,45
Serviciabilidad inicial (Po)	4,2
Serviciabilidad Final (Pt)	2.5
Δ PS	2,2
Esal's (w18)	1219930

Fuente: Diego Andrés Vacacela Maruri

Calculo del Numero estructural del terreno de fundación (Sub-rasante)

MR=10823 psi

SN= 3.12



The screenshot shows the 'Ecuación AASHTO 93' software interface. The window title is 'Ecuación AASHTO 93'. The interface is divided into several sections:

- Tipo de Pavimento:** Radio buttons for 'Pavimento flexible' (selected) and 'Pavimento rígido'.
- Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So):** A dropdown menu showing '92 % Zr=-1.405' and a text box for 'So' with the value '0.45'.
- Serviciabilidad inicial y final:** Text boxes for 'PSI inicial' (4.2) and 'PSI final' (2.2).
- Módulo resiliente de la subrasante:** Text box for 'Mr' with the value '10823 psi'.
- Información adicional para pavimentos rígidos:** Four empty text boxes for 'Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi)', 'Módulo de rotura del concreto - Sc (psi)', 'Coeficiente de transmisión de carga - (J)', and 'Coeficiente de drenaje - (Cd)'.
- Tipo de Análisis:** Radio buttons for 'Calcular SN' (selected) and 'Calcular W18'.
- Número Estructural:** Text box for 'SN =' with the value '3.12'.
- Calculated Values:** Text box for 'W18 =' with the value '1219330'.
- Buttons:** 'Calcular' and 'Salir' buttons at the bottom.

Ilustración 14: Calculo de numero estructural programa AASHTO' 93 (Sub-Rasante)
Fuente: Programa de la ecuación de la AASHTO'93

SN requerido > SN

3.43 > 3.12 OK SI CUMPLE

Calculo del Numero estructural de la Sub-base**MR= 22568****SN= 2.38**

The screenshot shows a software window titled "Ecuación AASHTO 93". It contains several input fields and buttons:

- Tipo de Pavimento:** Radio buttons for "Pavimento flexible" (selected) and "Pavimento rígido".
- Confiability (R) and Standard Deviation (So):** A dropdown menu showing "92 % Zr=-1.405" and a text box for "So" with the value "0.45".
- Serviciabilidad inicial y final:** Text boxes for "PSI inicial" (4.2) and "PSI final" (2.2).
- Módulo resiliente de la subrasante:** A text box for "Mr" with the value "22568 psi".
- Información adicional para pavimentos rígidos:** Four empty text boxes for "Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi)", "Módulo de rotura del concreto - Sc (psi)", "Coeficiente de transmisión de carga - (J)", and "Coeficiente de drenaje - (Cd)".
- Tipo de Análisis:** Radio buttons for "Calcular SN" (selected) and "Calcular W18". A text box for "W18 =" contains the value "1219930".
- Número Estructural:** A text box for "SN =" contains the value "2.38".
- Buttons:** "Calcular" and "Salir".

Ilustración 15: Calculo de numero estructural programa AASHTO' 93 (Sub-base)**Fuente:** Programa de la ecuación de la AASHTO'93**2.65 > 2.38 OK SI CUMPLE**

Calculo del Numero estructural de la base**MR=36765****SN= 1.98**

The screenshot shows the 'Ecuación AASHTO 93' software window. It contains several input fields and sections:

- Tipo de Pavimento:** Radio buttons for 'Pavimento flexible' (selected) and 'Pavimento rígido'.
- Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So):** A dropdown menu set to '92 % Zr=-1.405' and a text box for 'So' with the value '0.45'.
- Serviciabilidad inicial y final:** Text boxes for 'PSI inicial' (4.2) and 'PSI final' (2.2).
- Módulo resiliente de la subrasante:** A text box for 'Mr' with the value '36765 psi'.
- Información adicional para pavimentos rígidos:** Four empty text boxes for 'Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi)', 'Módulo de rotura del concreto - Sc (psi)', 'Coeficiente de transmisión de carga - (J)', and 'Coeficiente de drenaje - (Cd)'.
- Tipo de Análisis:** Radio buttons for 'Calcular SN' (selected) and 'Calcular W18'. The 'W18' value is shown as '1219930'.
- Número Estructural:** The calculated 'SN' is shown as '1.98'.
- Buttons:** 'Calcular' and 'Salir' buttons at the bottom.

Ilustración 16: Calculo de numero estructural programa AASHTO' 93 (base)
Fuente: Programa de la ecuación de la AASHTO'93

2.08 > 1.98 OK SI CUMPLE

Tabla 23 : Calculo de espesores de pavimento flexible

CALCULO DE LOS ESPESORES DEL PAVIMENTO FLEXIBLE									
MR (psi)	Capa	Numero Estructural (SN)		Coeficiente de capa (a)	Coeficiente de Drenaje (m)	Espesor (cm)		Numero Estructural (adoptado)	
		Acumulado	Parcial			Calculado	Adoptado	acumulado	Parcial
400000	C.R		1,98	0,173	1,20	9,54	10		2,08
36765	Base	1,98	0,40	0,055	0,70	10,39	15	2,08	0,58
22568	Sub-Base	2,38	0,74	0,043	0,60	28,68	30	2,65	0,77
9292	T.F	3,12						3,43	
						S=	55		

Fuente: Diego Andrés Vacacela Maruri

Esquema de espesores del pavimento flexible de la vía, que va desde la avenida Tanasa Duran tambo intersección a la avenida Semillas.

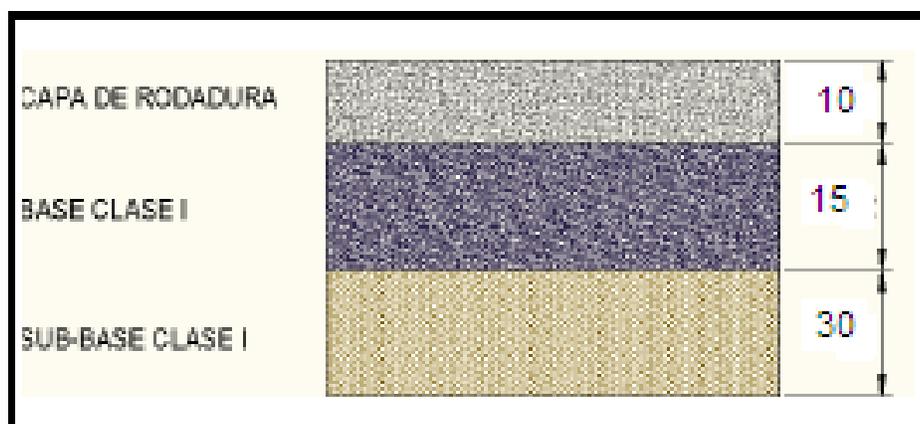


Ilustración 17: Estructura de las capas del pavimento flexible de la vía, que va desde la avenida Tanasa Duran tambo intersección a la avenida Semillas.

Fuente: Diego Andrés Vacacela Maruri

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

La ejecución de este proyecto beneficiara a los usuarios que transitan por la avenida semillas, mejorando su desarrollo económico de cultivos agrícolas para mejorar su calidad de vida.

Con el estudio de trafico realizado en la vía, se determinó la cantidad real de vehículos y camiones pesado que transitan en la misma, dando como resultado una vía de orden tipo II de terreno llano, de acuerdo al MTOP”, por cuanto su TPDA es de 1086 vehículos días, según el MTOP están en un rango de 1000 a 3000 vehículos proyectados, además se pudo realizar el cálculo de cargas que soporta la estructura del pavimento actualmente, y el periodo de diseño que será de 20 años, tiempo en el cual la vía tendrá que cumplir su vida útil.

Se realizó el estudio de suelo de la sub-rasante para medir la resistencia del esfuerzo cortante del suelo, dando como resultado un CBR de diseño de 9.20%, para luego realizar el diseño de los espesores de las capas del pavimento.

Para determinar los números estructurales que conforman la estructura del pavimento, se implementó el programa de la ecuación del AASHTO'93. Dando como resultado una estructura de 55 cm, dividida en una capa de rodadura de 10 cm, capa de base de 15 cm y una sub-base de 30 cm, diseñada para una vida útil de 20 años.

4.2 Recomendaciones

El material de préstamo importado, Base clase 1, Sub-base clase 1, deberá cumplir con todas las especificaciones establecidas por el MTOP, cuya función será generar una capa estable, rígida y capaz de soportar los esfuerzos transmitidos por el tráfico vial.

Elaborar estrategias de seguridad vial tanto para los conductores y peatones a través de charlas en el sector beneficiado.

Se recomienda un plan de mantenimiento vial y de sus obras complementarias para evitar su deterioro.

ANEXOS

ANEXO 1

VIA EN LA ACTUALIDAD



CONTEO DE TRÁFICO



PROYECTO: ESTUDIOS DE INGENIERÍA DEFINITIVOS PARA LA REHABILITACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA VIA KM 4.5 DURAN PARA EL ACCESO A ZONAS INDUSTRIALES - CANTON DURAN

UBICACIÓN: Av. semillas - Cantón Duran - Provincia del Guayas

Horas: 24 Inicio: 6:00 AM Final: 24:00 PM Flujo: Ida - Vuelta

Fecha: 1 Julio- 3 de Julio Días: Viernes, Sábado y Domingo

RESUMEN DE CONTEO DE TRAFICO - HORA PICO

Días	Livianos		Camiones simple		Camiones pesados					Suma	Suma Equivalente
	Automovil	Camioneta	2DA	2DB	T3	2S1	3S1	2S2	3S2		
Viernes	32	25	2	2	1	2	1	2	1	68	78,18
Sábado	38	45	3	2	1	1	1	1	1	93	101,90
Domingo	15	20	0	0	0	0	0	0	0	35	35,00
Suma	175		5	4	2	3	2	3	2	196	215,08
Porcentaje	89%		3%	2%	1%	2%	1%	2%	1%	100%	

HERRAMIENTAS PARA EXCAVACIÓN



CALICATAS DE 1 A 1.50 DE PROFUNDIDAD



MUESTRAS AL LABORATORIO



HUMEDAD NATURAL





ANEXOS 2

	UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL FACULTAD DE CIENCIAS MATEMATICAS Y FISICAS ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL Laboratorio "ING. DR. ARNALDO RUFFILI".	
CONTENIDO DE HUMEDAD.		
FECHA: 29/08/2016	PROYECTO:	DISEÑO DE LA
PERFORACION:	ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE	
		MUESTRA # 1
MUESTRA N°		1
RECIPIENTE N°		13
Peso en gramos.	Recipiente - peso húmedo	2258,00
	Recipiente - peso seco.	2192,70
	Agua	65,30
	Recipiente.	134,80
	Peso seco.	2057,90
	Contenido de agua.	3,17%
		MUESTRA # 2
MUESTRA N°		2
RECIPIENTE N°		M1
Peso en gramos.	Recipiente - peso húmedo	2180,00
	Recipiente - peso seco.	1891,10
	Agua	288,90
	Recipiente.	118,60
	Peso seco.	1772,50
	Contenido de agua.	16,30%
		MUESTRA # 3
MUESTRA N°		
RECIPIENTE N°		
Peso en gramos.	Recipiente - peso húmedo	
	Recipiente - peso seco.	
	Agua	
	Recipiente.	
	Peso seco.	
	Contenido de agua.	
		MUESTRA # 4
MUESTRA N°		
RECIPIENTE N°		
Peso en gramos.	Recipiente - peso húmedo	
	Recipiente - peso seco.	
	Agua	
	Recipiente.	
	Peso seco.	
	Contenido de agua.	
Observaciones: _____		
Operador: _____		
Elaborado por: Diego Vacacela		

ANEXO 3

ENSAYO DE LIMITE LÍQUIDO Y LIMITE PLÁSTICO

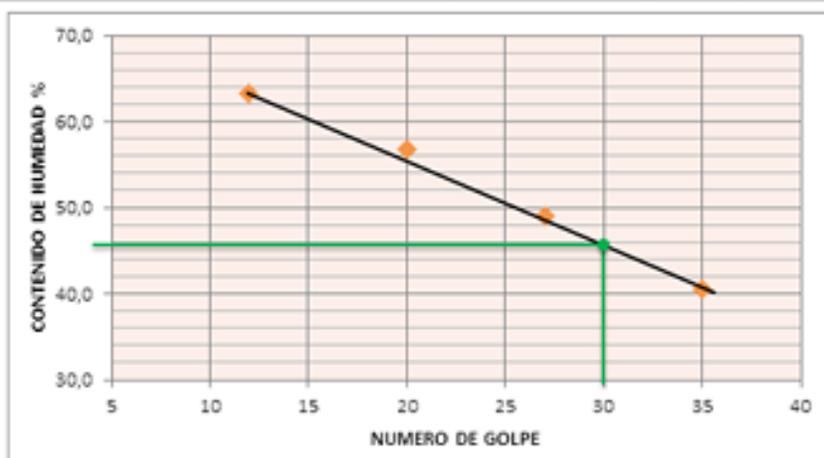
UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL		FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS					
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL		Laboratorio "Ing. Dr. Arnaldo Ruffilli"					
ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO Y PLÁSTICO.							
FECHA:		PROYECTO:					
DEFORMACIÓN: Calicatas		MUESTRA: <u>C-1</u>					
		PROFUNDIDAD: 0,30 - 1,45 m.					
LÍMITE LÍQUIDO.							
PASO N°		1	2	3	4	5	6
RECIPIENTE N°		N	33	1	20		
Peso en gramos.	Recipiente + peso húmedo.	25,5	26,3	24,9	27		
	Recipiente + peso seco.	20,5	21,2	21	22,8		
	Agua. W_w	5	5,1	3,9	4,2		
	Recipiente.	11,7	11,5	11,6	11,4		
	Peso seco. W_s	8,8	9,7	9,4	11,4		
	Contenido de humedad. W	56,8	52,6	41,5	36,8		
	Numero de golpes.	14	20	30	36		
LÍMITE PLÁSTICO.							
PASO N°		1	2	3	4		
RECIPIENTE N°		61	3	14			
Peso en gramos.	Recipiente + peso húmedo.	21,70	22,20	21,90		$W_L: 44,00\%$	
	Recipiente + peso seco.	19,50	20,00	19,60		$W_p: 28,27\%$	
	Agua. W_w	2,20	2,20	2,30		$I_p: 15,7$	
	Recipiente.	11,50	12,20	11,70			
	Peso seco. W_s	8,00	7,80	7,90			
	Contenido de agua.	27,50	28,21	29,11			
	Límite plástico.		28,27				
Observaciones: _____							
Operador: _____							
Calculado por: <u>Diego Vacacela</u>							
Revisado por: <u>Carlos Carbo</u>							
						SÍMBOLO DE LA CARTA DE PLASTICIDAD CL	



ENSAYO DE LÍMITE LIQUIDO Y PLASTICO.

FECHA: 30/08/2016 PROYECTO: Diseño de la estructura de un pavimento flexible
 DEFORMACIÓN: Calicatas MUESTRA: 2 PROFUNDIDAD: 0,00-0,30 m.

LÍMITE LIQUIDO.							
PASO N°		1	2	3	4	5	6
RECIPIENTE N°		140	20	X	RE		
Peso en gramos.	Recipiente + peso húmedo.	29,2	26,6	27,1	26,40		
	Recipiente + peso seco.	22,3	21,2	22	22,10		
	Agua. W_w	6,9	5,4	5,1	4,30		
	Recipiente.	11,40	11,70	11,60	11,50		
	Peso seco. W_s	10,90	9,50	10,40	10,60		
Contenido de humedad.	W	63,30	56,84	49,04	40,57		
Numero de golpes.		12	20	27	35		



LÍMITE PLASTICO.					
PASO N°		1	2	3	4
RECIPIENTE N°		7	1R	1S	
Peso en gramos.	Recipiente + peso húmedo.	21,30	21,00	22,20	
	Recipiente + peso seco.	19,70	19,10	20,10	
	Agua. W_w	1,60	1,90	2,10	
	Recipiente.	11,40	11,60	11,80	
	Peso seco. W_s	8,30	7,50	8,30	
Contenido de agua.		19,25	25,33	25,30	
Límite plástico.			23,30		

$W_L: 46,20\%$
 $W_p: 23,30\%$
 $I_p: 22,9$

Observaciones: _____

Operador: _____

Calculado por: Diego Vacacela

Revisado por: _____

SIMBOLO DE LA CARTA DE
 PLASTICIDAD
 CL

GRANULOMETRIA





ANEXO 4

		UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL FACULTAD DE CIENCIAS MATEMATICASY FISICAS ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL <i>Laboratorio "Ing. Dr. Atualdo Ruffilli"</i>			
ANÁLISIS GRANULOMETRICO					
PROYECTO: Abscisa: 0+500 Fuente del Material: = Descripción del Material: TERRENO NATURAL DE LA VIA		= Profundidad: 0,30 -1,50m. Muestra: <u>C-1</u>			
Tamiz	Peso Parcial	%Retenido	%Retenido Acumulado	%Pasante Acumulado	Especificac.
3"	0	0	0	100	
2"					
1 1/2"					
1"					
3/4"					
1/2"					
3/8"	593,4	28,84	28,84	71,16	
1/4"					
No.4	242,4	11,78	40,61	59,39	
No.5					
No.10	197,3	9,59	50,20	49,80	
No.15					
No.20	169,2	8,22	58,42	41,58	
No.30	56,5	2,75	61,17	38,83	
No.40	53,7	2,61	63,78	36,22	
No.50	34,6	1,68	65,46	34,54	
No.80					
No.100	66,4	3,23	68,69	31,31	
No.200	45,7	2,22	70,91	29,09	
FONDO	598,7	29,09	100,00	0,00	
TOTAL	2057,9	100,00 %			
Observaciones: _____					

Calculado por: <u>Diego Vacacela</u> Operador: _____ Verificado por: _____					

ENSAYO DE PROCTOR





ENSAYO DE CBR





ANEXO 6

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL		FACULTAD DE CIENCIAS MATEMATICAS Y FISICAS		
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL		Laboratorio "Ing. Dr. Arnaldo Ruffilli"		
C.B.R - DENSIDADES				
Proyecto: Diseño de la estructura de un pavimento flexible		Fecha: 05/09/2016		
Localización:		Calicata: C - 1		
Molde Nº _____	Peso del molde: 4,516	Volumen del molde: 0,002316		
Nº de golpes por capa: _____	Nº de capas: 5	Peso del martillo: 10 Lb.		
Nº de ensayo:		1	3	5
ANTES DE LA INMERSION				
HUMEDAD	Nº recipiente	25	M	11
	Wh + r	320,60	236,80	263,70
	Ws + r	291,20	214,50	239,70
	Ww	29,40	22,30	24,00
	r	29,75	28,60	29,50
	Ws	261,45	185,90	210,20
	w (%)	11,24	12,00	11,42
Molde + suelo humedo	P	10,81	10,62	10,89
Molde		7,05	6,61	6,51
Suelo humedo	W	3,76	4,01	4,38
Suelo seco	Ws	3,38	3,58	3,93
Contenido de agua	w	11,24	12,00	11,42
Densidad humeda	h	1623,49	1731,43	1891,19
Densidad seca	s	1459,38	1545,98	1697,39
DESPUES DE LA INMERSION				
HUMEDAD	Nº recipiente	25	M	11
	Wh + r	284,00	346,00	330,98
	Ws + r	245,00	301,00	295,78
	Ww	39,00	45,00	35,20
	r	27,20	29,30	29,50
	Ws	217,80	271,70	266,28
	w (%)	17,91	16,56	13,22
Molde + suelo humedo	P	11,95	11,50	11,50
Molde		7,05	6,50	6,51
Suelo humedo	W	4,90	5,00	4,99
Suelo seco	Ws	4,16	4,29	4,41
Contenido de agua	w	17,91	16,56	13,22
Densidad humeda	h	2115,72	2158,89	2154,58
Densidad seca	s	1794,40	1852,14	1903,01
HINCHAMIENTO				
Lectura inicial		0,055	0,020	0,134
24 horas		0,165	0,160	0,282
48 horas		0,175	0,182	0,330
72 horas		0,175	0,186	0,334
96 horas				
C.B.R.	%			
Densidad seca	γ _s	1794,40	1852,14	1903,01
Operador	Diego Vacacela	Calculado por	Verificado por	



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMATICAS Y FISICAS
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 Laboratorio "Ing. Dr. Arnaldo Ruffilli"



C.B.R - DENSIDADES

Proyecto: Diseño de la estructura de un pavimento flexible Fecha: 05/09/2016
 Localización: _____ Calicata: C - 2

Molde N° _____ Peso del molde: 4,516 Volumen del molde: 0,002316
 N° de golpes por capa: _____ N° de capas: 5 Peso del martillo: 10 Lb.

N° de ensayo:		1	3	5
ANTES DE LA INMERSION				
#REF!		12 Golpes x capa	25 Golpes por capa	56 Golpes por capa
HUMEDAD	N° recipiente	7	13	A
	Wh + r	261,00	185,00	191,98
	Ws + r	232,00	165,50	169,00
	Ww	29,00	19,50	22,98
	r	29,30	29,90	30,70
	Ws	202,70	135,60	138,30
	w (%)	14,31	14,38	16,62
Molde + suelo humedo	P	11,61	11,81	11,09
Molde		7,65	7,54	6,48
Suelo humedo	W	3,96	4,27	4,61
Suelo seco	Ws	3,46	3,73	3,95
Contenido de agua	w	14,31	14,38	16,62
Densidad humeda	h	1709,84	1843,70	1990,50
Densidad seca	s	1495,84	1611,90	1706,88
DESPUS DE LA INMERSION				
#REF!		12 Golpes por capa	25 Golpes por capa	56 golpes por capa
HUMEDAD	N° recipiente	7	13	A
	Wh + r	251,00	309,10	314,50
	Ws + r	202,10	254,60	265,30
	Ww	48,90	54,50	49,20
	r	31,20	29,90	30,70
	Ws	170,90	224,70	234,60
	w (%)	28,61	24,25	20,97
Molde + suelo humedo	P	12,08	12,13	11,00
Molde		7,65	7,50	6,45
Suelo humedo	W	4,43	4,63	4,55
Suelo seco	Ws	3,44	3,73	3,76
Contenido de agua	w	28,61	24,25	20,97
Densidad humeda	h	1912,78	1999,14	1964,59
Densidad seca	s	1487,23	1608,90	1624,01
HENCHAMIENTO				
Lectura inicial		0,069	0,042	0,064
24 horas		0,278	0,338	0,260
48 horas		0,373	0,440	0,330
72 horas		0,398	0,450	0,354
96 horas				

C.B.R	%		
Densidad seca	γs	1487,23	1608,90
		1624,01	

Operador: Diego Vacacela Calculado por: _____ Verificado por: _____

CBR DE PENETRACION



ANEXO 7



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMATICAS Y FISICAS
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 Laboratorio "Ing. Dr. Arnaldo Ruffilli"



C.B.R PENETRACION

Proyecto: Diseño de la estructura de un pavimento flexible

Localización: _____

Fecha: 09/09/2016

Calicata: C - 1

Molde N° _____

Numero de golpes por capa: _____

Peso del martillo: 10 Lb.

Peso del molde: _____

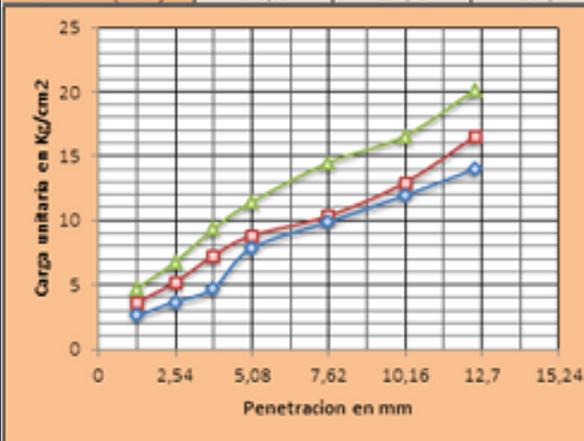
Numero de capas: _____

Altura de caída: 12"

Volumen del molde: 0,002316cm³

Altura de caída: 12"

NUMERO DE ENSAYO	1	2	3	1	2	3
	CARGA DE PENETRACION EN Lb			CARGA DE PENETRACION EN Kg		
1.27 mm (0.05")	110	154	198	50,00	70,00	90,00
2.54 mm (0.10")	154	220	286	70,00	100,00	130,00
3.81 mm (0.15")	198	308	396	90,00	140,00	180,00
5.08 mm (0.20")	330	374	484	150,00	170,00	220,00
7.62 mm (0.30")	418	440	616	190,00	200,00	280,00
10.16 mm (0.40")	506	550	704	230,00	250,00	320,00
12.50 mm (0.50")	594	704	858	270,00	320,00	390,00
	CARGA UNITARIA EN Lb/pulg ²			CARGA UNITARIA EN Kg/cm ²		
1.27 mm (0.05")	36,68	51,35	66,02	2,584	3,618	4,651
2.54 mm (0.10")	51,35	73,35	95,36	3,618	5,168	6,718
3.81 mm (0.15")	66,02	102,69	132,03	4,651	7,235	9,302
5.06 mm (0.20")	110,03	124,70	161,37	7,752	8,786	11,370
7.62 mm (0.30")	139,37	146,70	205,38	9,819	10,336	14,470
10.16 mm (0.40")	168,71	183,38	234,72	11,886	12,920	16,537
12.50 mm (0.50")	198,05	234,72	286,07	13,953	16,537	20,155



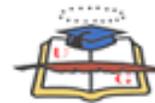
N° de golpes	Esfuerzo de penetración	
	0.10 pulg	0.20 pulg
12	3,618	7,752
25	5,168	8,786
56	6,718	11,370
C.B.R	%	
12	5,13	7,34
25	7,34	8,31
56	9,54	10,76

Calculado por: Diego Vacacela

Verificado por: Dennis reina



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMATICAS Y FISICAS
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 Laboratorio "Ing. Dr. Arnaldo Ruffilli"



C.B.R
PENETRACION

Proyecto: Diseño de la estructura de un pavimento flexible
 Localización:

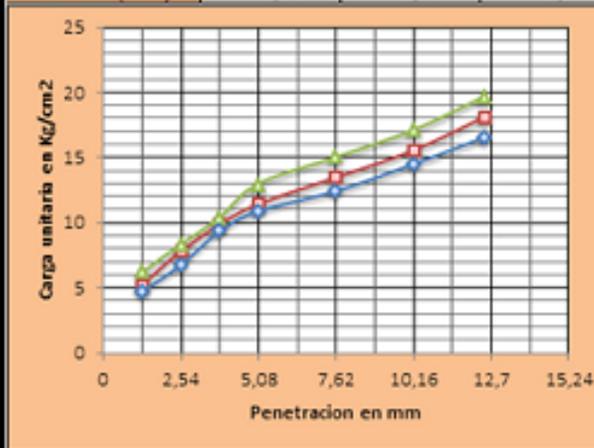
Fecha: 09/09/2016
 Calicata: C-2

Molde Nº _____
 Numero de golpes por capa: _____
 Peso del martillo: 10 Lb.

Peso del molde:

Volumen del molde: 0,002316cm³
 Numero de capas:
 Altura de caída: 12"

NUMERO DE ENSAYO	1			2			3		
	CARGA DE PENETRACION EN Lb			CARGA DE PENETRACION EN Kg					
1.27 mm (0.05")	198	220	264	90,00	100,00	120,00			
2.54 mm (0.10")	296	330	352	130,00	150,00	160,00			
3.81 mm (0.15")	396	418	440	180,00	190,00	200,00			
5.08 mm (0.20")	462	484	550	210,00	220,00	250,00			
7.62 mm (0.30")	528	572	638	240,00	260,00	290,00			
10.16 mm (0.40")	616	660	726	280,00	300,00	330,00			
12.50 mm (0.50")	704	770	836	320,00	350,00	380,00			
	CARGA UNITARIA EN Lb/pulg ²			CARGA UNITARIA EN Kg/cm ²					
1.27 mm (0.05")	66,02	73,35	88,02	4,651	5,168	6,202			
2.54 mm (0.10")	95,36	110,03	117,36	6,718	7,752	8,269			
3.81 mm (0.15")	132,03	139,37	146,70	9,302	9,819	10,336			
5.06 mm (0.20")	154,04	161,37	183,38	10,853	11,370	12,920			
7.62 mm (0.30")	176,04	190,71	212,72	12,403	13,437	14,987			
10.16 mm (0.40")	205,38	220,05	242,06	14,470	15,504	17,054			
12.50 mm (0.50")	234,72	256,73	278,74	16,537	18,088	19,638			



N° de golpes	Esfuerzo de penetracion	
	0.10 pulg	0.20 pulg
12	6,718	10,853
25	7,752	11,370
56	8,269	12,920
C.B.R	%	
12	9,54	10,27
25	11,00	10,76
56	11,74	12,23

Calculado por: Diego Vacacela

Verificado por: Dennis Reina

BIBLIOGRAFIA

- Alfonso Montejo A. (2002) Pavimento para carreteras. Colombia
Universidad Católica de Colombia
- Google Earth
- Tabla de pesos y dimensiones MTOP.
- Céspedes. José Carretera de diseño moderno.
- Consejo de directores de carreteras de iberia e iberoamericana (2011)
- Ing. Higuera Sandoval Carlos /Nociones sobre métodos de diseño de
Estructura de pavimento para carreteras
- Ing. Nieto Marín /Libro de mecánica de suelo
- MOP 2002 especificaciones generales para la construcción de caminos.
- Ing. Antepara Arístides /Apuntes de Carretera I.



REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS

TÍTULO Y SUBTÍTULO		Diseño de la vía para un pavimento Flexible por el método de las AASHTO '93 para el acceso a las zonas industriales que va desde la avenida Tanasa hasta la avenida Semillas Km 4.5 vía Duran Tambo - Provincia del Guayas	
AUTOR/ES: Vacacela Maruri Diego Andres		REVISORES: Ing. Julio Vargas Jimenez, M.Sc Ing. Humberto Guerrero Herrera M.Sc Ing. Carlos Mora Cabrera M.Sc	
INSTITUCIÓN: Universidad de Guayaquil		FACULTAD: De Ciencias Matematicas y Fisicas	
CARRERA: Ingenieria civil			
FECHA DE PUBLICACIÓN: 2016		Nº DE PÁGS: 59	
ÁREAS TEMÁTICAS: Vías Diseño de pavimento flexible			
PALABRAS CLAVE: Diseño - Pavimento - Flexible			
RESUMEN: Esta Investigación busca el mejoramiento y reconstrucción de las vías que se encuentran en mal estado, debido a daños graves como deformaciones y asentamientos en su estructura, siendo estas no apropiadas para la circulación. Dado esto se realiza un diseño de vía para las condiciones que esta demande ya sea para un tránsito de vehículos livianos o vehículos pesados, beneficiando así a los usuarios que transitan por la vía, y mejorando su desarrollo económico. El trabajo se lo estructura de los siguientes capítulos. Capítulo I: Contiene Introducción y los objetivos específicos que sirven de base para el desarrollo del presente proyecto. Especificando el planteamiento del problema, delimitación del problema, ubicación del proyecto, justificación y metodología. Capitulo II: Marco teórico: Se desarrolló el marco teórico con la conceptualización de los diversos aspectos que sirven como parámetros en el diseño vial, como pavimentos, tipos de pavimentos, componentes estructurales del pavimento, ensayos de laboratorio y diseño de pavimento flexible, Capitulo III: Marco metodológico: Contiene la recopilación de datos, donde se desarrollaron diferentes estudios de campo como: El estudio de tráfico para determinar el TPDA y proyección de tráfico, el Estudio de suelos se determinó el CBR de diseño con el cual se va a diseñar el pavimento, se utilizó la Ecuación de la ASSHTO'93 para el diseño de pavimento con que se determinó los números estructurales que conforman la estructura. Capitulo IV: Conclusiones y Recomendaciones: Se elaborarán las conclusiones y recomendaciones de la investigación para el proceso constructivo, así como para el diseño de la vía, y además se incluirá los anexos que refuerzan los resultados obtenidos.			
N. DE REGISTRO (en base de datos):		Nº. DE CLASIFICACIÓN:	
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			
ADJUNTOS PDF:		<input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	
CONTACTOS CON AUTOR/ES:		E-mail: <input type="text" value="diegovacacela@outlook.es"/>	
CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:		Teléfono: 994578947	
		Nombre: FACULTAD DE CIENCIAS MATEMATICAS Y FISICAS	
		Teléfono: 2-125640	