Universidad de Guayaquil

FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TRABAJO DE TITULACION PREVIO A

LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE

**INGENIERO CIVIL**

**VIAS**

# ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO EL MÉTODO MECANISISTA SOBRE UNA VÍA LATERAL A LA ALTURA DEL CANTÓN ALFREDO BAQUERIZO MORENO (JUJAN), PROVINCIA DEL GUAYAS.

**AUTORES:** CRISTHIAN ARNALDO JUANAZO VILLAMAR

FREDDY GEOVANNY SALDIVIA MONSERRATE

**TUTOR:** ING. GUSTAVO XAVIER RAMÍREZ ZAMBRANO, Msc.

GUAYAQUIL, ABRIL 2022

# Agradecimiento

En primer lugar, quiero agradecer a Dios por mantenerme sano y darme las fuerzas e inteligencia necesaria para poder culminar con éxito mi malla universitaria y así poder llegar a esta etapa muy importante de mi vida.

A mis queridos padres y hermanos que siempre estuvieron apoyándome incondicionalmente moral como económicamente.

A mi novia Lissette Torres que en mis últimos niveles de mi carrera estuvo muy cerca apoyándome y motivándome para que no me deje vencer por el peso de las asignaturas.

A mis amigos y futuros colegas por sus innumerables ayudas y reuniones que solíamos tener para comprender mejor las materias más complejas.

A mi compañero de tesis y amigo Freddy Saldivia con quien pese a la dificultad de la carrera nos apoyamos mutuamente en todo momento.

A mi respetado tutor, Ing. Gustavo Ramírez Zambrano quien estuvo guiándonos incondicionalmente en todo momento con el presente trabajo de titulación.

A mi amada Universidad de Guayaquil y a mi querida Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas, gracias por todas tus enseñanzas.

**Cristhian Arnaldo Juanazo Villamar**

# Agradecimiento

Totalmente agradecido con Dios por brindarme salud y sensatez para terminar este camino universitario de la mejor manera ya que permite concluir una meta más en mi vida.

A mis padres por ese apoyo incondicional, consejos para no desistir y seguir por el camino correcto durante todo este proceso académico.

A mi compañero Cristhian Juanazo que a pesar de la distancia logramos llevar a cabo un excelente trabajo de tesis.

Al Ing. Gustavo Ramírez Zambrano quien fue guía en el desarrollo del proyecto, su dedicación para estar al pendiente y corregirnos en todo momento.

Por último, a la Universidad de Guayaquil en especial a la Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas por formar parte de sus aulas y lograr aprender de las enseñanzas de cada uno de los distinguidos docentes.

**Freddy Geovanny Saldivia Monserrate**

# Dedicatoria

Dedico este trabajo de investigación con mucho amor a mis queridos padres, Irene Villamar Bueno y Luis Juanazo Mendieta, ya que sin su eterno amor y apoyo no hubiese sido posible llegar a esta etapa importante de mi vida.

A mis queridos hermanos, Damian, Yaritza y Geomaly que siempre creyeron en mi capacidad de lograr todo lo que yo me proponga.

A mi novia Lissette que gracias a su amor y apoyo incondicional siempre estuvo guiándome y dándome fuerzas para lograr avanzar con éxito en mi carrera universitaria.

**Cristhian Arnaldo Juanazo Villamar**

# Dedicatoria

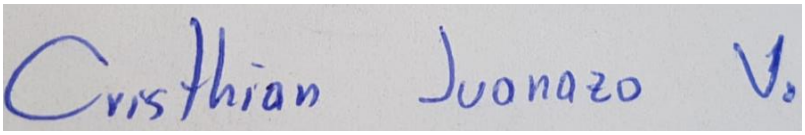
Este trabajo de titulación se lo dedico a Dios que, sin su voluntad, misericordia no podría seguir adelante con mis estudios, a mis padres, Alexandra Monserrate y Freddy Saldivia, que tuvieron la paciencia suficiente para corregirme y no desviarme del camino del bien para llegar a cumplir este propósito de culminar la carrera universitaria.

**Freddy Geovanny Saldivia Monserrate**

# Declaración Expresa

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

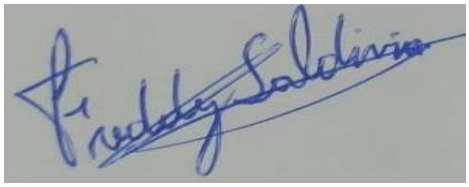
La responsabilidad de los hechos, ideas y doctrinas expuestas en este trabajo de titulación corresponden exclusivamente al autor y al Patrimonio Intelectual de la Universidad de Guayaquil.



_____

**Cristhian Arnaldo Juanazo Villamar**

**C.I. No. 0929700631**



_____

**Freddy Geovanny Saldivia Monserrate**

**C.I. No. 1207235621**

# Tribunal De Graduación

JOSUE EDILBERTO RODRIGUEZ SANTOS

Firmado digitalmente por JOSUE EDILBERTO RODRIGUEZ SANTOS
Fecha: 2022.05.11 15:26:17 -05'00'

ING. JOSUE RODRIGUEZ SANTOS, MSc.

PRESIDENTE DE TRIBUNAL

Firmado electrónicamente por:
CHRISTIAN EDUARDO ALMENDARIZ RODRIGUEZ

ING. CHRISTIAN ALMENDARIZ, MSc.

PRIMER VOCAL

Firmado electrónicamente por:
JULIO ALBERTO VARGAS JIMENEZ

ING. VARGAS JIMENEZ JULIO ALBERTO, MSc.

SEGUNDO VOCAL

**ANEXO VI. - CERTIFICADO DEL DOCENTE – TUTOR DEL TRABAJO DE TITULACION**
**FACULTAD DE CIENCIAS MATEMATICAS Y FISICAS**
**CARRERA: INGENIERIA CIVIL**

Guayaquil, 25 de marzo del 2022

**Ingeniero**
**Guillermo Pacheco Quintana, Msc.**
**DIRECTOR DE LA CARRERA DE INGENIERIA CIVIL**
**FACULTAD DE CIENCIAS MATEMATICAS Y FISICAS**
**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL**
**Ciudad. -**

**De mis consideraciones:**

Envió a Ud. el informe correspondiente a la tutoría realizada al Trabajo de Titulación **ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO EL MÉTODO MECANISISTA SOBRE UNA VÍA LATERAL A LA ALTURA DEL CANTÓN ALFREDO BAQUERIZO MORENO (JUJAN), PROVINCIA DEL GUAYAS** de los estudiantes **CRISTHIAN ARNALDO JUANAZO VILLAMAR, FREDDY GEOVANNY SALDIVIA MONSERRATE** indicando que han cumplido con todos los parámetros establecidos en la normativa vigente:

- El trabajo es el resultado de una investigación.
- Los estudiantes demuestran conocimiento profesional integral.
- El trabajo presenta una propuesta en el área de conocimiento.
- El nivel de argumentación es coherente con el campo de conocimiento.

Adicionalmente, se adjunta el certificado de porcentaje de similitud y la valoración del trabajo de titulación con la respectiva calificación.

Dando por concluida esta tutoría de trabajo de titulación, **CERTIFICO,** para los fines pertinentes, que los estudiantes están aptos para continuar con el proceso de revisión final.

**Atentamente,**

Firmado electrónicamente por:
GUSTAVO XAVIER
RAMIREZ
ZAMBRANO

**Ing. Gustavo Xavier Ramírez Zambrano, Msc**
**C.C. 0915024434**
**Fecha: 25/03/2022**

## ANEXO VII. - CERTIFICADO PORCENTAJE DE SIMILITUD
## FACULTAD DE CIENCIAS MATEMATICAS Y FISICAS
### CARRERA: INGENIERIA CIVIL

Habiendo sido nombrado **Ing. Gustavo Xavier Ramírez Zambrano, Msc,** como tutor del trabajo de titulación certifico que el presente trabajo de titulación ha sido elaborado por **CRISTHIAN ARNALDO JUANAZO VILLAMAR, FREDDY GEOVANNY SALDIVIA MONSERRATE** con mi respectiva supervisión como requerimiento parcial para la obtención del título de: INGENIERO CIVIL.

Se informa que el trabajo de Titulación **"ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO EL MÉTODO MECANISISTA SOBRE UNA VÍA LATERAL A LA ALTURA DEL CANTÓN ALFREDO BAQUERIZO MORENO (JUJAN), PROVINCIA DEL GUAYAS",** ha sido orientado durante todo el periodo de ejecución en el programa anti plagió URKUND quedando el 3% de coincidencia.

Curiginal

**Document Information**

| | |
|---|---|
| **Analyzed document** | tesis final v3 solo capitulos.docx (D131464955) |
| **Submitted** | 2022-03-25T01:53:00.0000000 |
| **Submitted by** | |
| **Submitter email** | cristhian.juanazov@ug.edu.ec |
| **Similarity** | 3% |
| **Analysis address** | christian.almendarizr.ug@analysis.urkund.com |

Firmado electrónicamente por:
GUSTAVO XAVIER RAMIREZ ZAMBRANO

**Ing. Gustavo Xavier Ramírez Zambrano, Msc**
**C.C. 0915024434**
**Fecha: 25/03/2022**

**ANEXO VIII.- INFORME DEL DOCENTE REVISOR**
**FACULTAD DE CIENCIAS MATEMATICAS Y FISICAS**
**CARRERA: INGENIERIA CIVIL**

**Ingeniero**
**Guillermo Pacheco Quintana, Msc.**
**DIRECTOR DE LA CARRERA DE INGENIERIA CIVIL**
**FACULTAD DE CIENCIAS MATEMATICAS Y FISICAS**
**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL**
**Ciudad. -**

De mis consideraciones:

Envió a Ud. el informe correspondiente a la **REVISIÓN FINAL** del Trabajo de Titulación **ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO EL MÉTODO MECANISISTA SOBRE UNA VÍA LATERAL A LA ALTURA DEL CANTÓN ALFREDO BAQUERIZO MORENO (JUJAN), PROVINCIA DEL GUAYAS** de los estudiantes **CRISTHIAN ARNALDO JUANAZO VILLAMAR, FREDDY GEOVANNY SALDIVIA MONSERRATE**. Las gestiones realizadas me permiten indicar que el trabajo fue revisado considerando todos los parámetros establecidos en las normativas vigentes, en el cumplimiento de los siguientes aspectos:

**Cumplimiento de requisitos de forma:**
El titulo tiene un máximo de 25 palabras.
La memoria escrita se ajusta a la estructura establecida.
El documento se ajusta a las normas de escritura científica seleccionadas por la Facultad.
La investigación es pertinente con la línea y sublíneas de investigación de la carrera.
Los soportes teóricos son de máximo 15 años
La propuesta presentada es pertinente.
**Cumplimiento con el Reglamento de Régimen Académico:**
El trabajo es el resultado de una investigación.
El estudiante demuestra conocimiento profesional integral.
El trabajo presenta una propuesta en el área de conocimiento.
El nivel de argumentación es coherente con el campo de conocimiento.

Adicionalmente, se indica que fue revisado, el certificado de porcentaje de similitud, la valoración del tutor, así como de las páginas preliminares solicitadas, lo cual indica que el trabajo de investigación cumple con los requisitos exigidos.

Una vez concluida esta revisión, considero que los estudiantes están aptos para continuar el proceso de titulación. Particular que comunicamos a usted para los fines pertinentes.

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
GINO FERNANDO
FLOR CHAVEZ

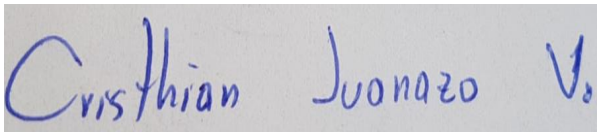
**Ing. Gino Fernando Flor Chávez, Msc**
**C.C. 130755414-5**
**Fecha: 09/03/2022**

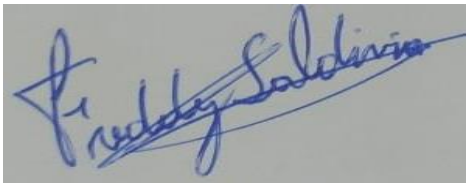
**DECLARACIÓN DE AUTORIA Y DE AUTORIZACIÓN DE LICENCIA GRATUITA INSTRANFERIBLE Y NO EXCLUSIVA PARA EL USO NO COMERCIAL DE LA OBRA CON FINES NO ACADEMICOS**

**FACULTAD: CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS**

**CARRERA: INGENIERIA CIVIL**

Nosotros, **CRISTHIAN ARNALDO JUANAZO VILLAMAR** con C.I. 0929700631 y **FREDDY GEOVANY SALDIVIA MONSERRATE** con C.I. 1207235621, certificamos que los contenidos desarrollados en este trabajo de titulación, cuyo título es: **"ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO EL MÉTODO MECANISISTA SOBRE UNA VÍA LATERAL A LA ALTURA DEL CANTÓN ALFREDO BAQUERIZO MORENO (JUJAN), PROVINCIA DEL GUAYAS"** son de nuestra absoluta propiedad y responsabilidad, en conformidad al Artículo 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN*, autorizamos la utilización de una licencia gratuita e intransferible, para el uso no comercial de la presente obra a favor de la Universidad de Guayaquil.





**Cristhian Arnaldo Juanazo Villamar**

**C.C. 0929700631**

**Freddy Geovanny Saldivia Monserrate**

**C.C 1207235621**

# ÍNDICE GENERAL

## CAPÍTULO I

## Generalidades

**1.1. Introducción ..... 1**

**1.2. Situación Problemática ..... 2**

**1.3. Objetivos ..... 3**

**1.3.1. Objetivo General. ..... 3**

**1.3.2. Objetivos Específicos: ..... 3**

**1.4. Delimitación ..... 3**

**1.5. Justificación ..... 4**

**1.6. Ubicación de proyecto ..... 5**

## CAPÍTULO II

## Marco Teórico

2.1. Antecedentes ..... 6

2.2. Bases teórico-científicas ..... 7

2.2.1. Clasificación de las vías ..... 7

2.2.2. Estudios de tránsito para diseño de pavimentos. ..... 8

2.2.3. Funciones de un pavimento. ..... 12

2.2.4. Componentes de un pavimento. ..... 12

2.2.5. Clasificación de los pavimentos. ..... 17

2.2.6. Funciones de las capas de un pavimento. ..... 18

2.2.7. Factores para considerar en el diseño de pavimentos. ..... 20

2.2.8. Daños en la estructura del pavimento flexible. ..... 22
2.2.9. Análisis y composición del tráfico. ..... 25
2.2.10. Estabilización de suelos. ..... 26
2.2.11. Método Racional Mecanicista. ..... 27
2.3. Definición de términos básicos ..... 31
2.3.1. Tráfico ..... 31
2.3.2. Tránsito ..... 31
2.3.3. Ingeniería de tránsito ..... 31
2.3.4. Método Mecanicista ..... 32
2.3.5. Pavimento ..... 32
2.3.6. TPDA ..... 32
2.3.7. Subrasante ..... 32

## CAPÍTULO III

## Marco Metodológico

3.1. Tipo de Investigación ..... 33
3.1.1. Nivel de Investigación. ..... 33
3.2. Población, Muestra y Muestreo ..... 33
3.3. Métodos, Técnicas e Instrumentos ..... 34
3.3.1. Análisis de resultados del Tráfico ..... 34
3.3.2. Método Racional Mecanicista ..... 39
3.3.3. Variables para considerar en el Diseño de Pavimentos por el Método Racional Mecanicista. ..... 39
**Uso del software CEDEM ..... 46**

3.4. Plan de procesamiento y análisis ..... 50

## CAPÍTULO IV

## Desarrollo

4.1 Diseño de la Estructura del Pavimento mediante el Método Racional Mecanicista ..... 52

4.1.2 Tránsito Promedio de Vehículos Pesados Diario Anual ..... 52

4.1.3 Número Acumulado de Vehículos Pesados ..... 52

4.1.4 Clasificación del Tránsito ..... 53

4.1.5 Cálculo de NE ..... 53

4.1.6 Riesgo ..... 53

4.1.7 Fatiga ..... 53

4.1.8 Deformaciones Admisibles ..... 54

4.1.9 Utilización del Software CEDEM ..... 59

**Modelados y diseños de espesores ..... 61**

**Tabla de resultados ..... 73**

## CAPÍTULO V

## Conclusiones y Recomendaciones

5.1. Conclusiones ..... 76

5.2. Recomendaciones ..... 76

**Bibliografía**

**Anexos**

# Índice de Ilustraciones

**Ilustración 1.** Ubicación del Proyecto ..... 5

**Ilustración 2.** Eje simple ..... 9

**Ilustración 3.** Eje tándem..... 9

**Ilustración 4.** Eje trídem ..... 9

**Ilustración 5.** Estructura de un pavimento. ..... 13

**Ilustración 6.** Fisura Transversal ..... 22

**Ilustración 7.** Falla por piel de cocodrilo ..... 23

**Ilustración 8.** Disgregación de la capa asfáltica..... 24

**Ilustración 9.** Parche deteriorado ..... 24

**Ilustración 10.** Baches en el pavimento..... 25

**Ilustración 11.** Sistema de Multicapa Elástico para el Análisis de Pavimentos ..... 28

**Ilustración 12.** Formato para el conteo de vehículos ..... 35

**Ilustración 13.** Espesores recomendados considerando materiales granulares. .... 59

**Ilustración 14.** Información de la estructura. ..... 60

**Ilustración 15.** Diseño #1 con materiales granulares. ..... 61

**Ilustración 16.** Resultados del diseño #1. ..... 62

**Ilustración 17.** Diseño #2 con materiales granulares. ..... 63

**Ilustración 18.** Resultados del diseño #2. ..... 64

**Ilustración 19.** Diseño #3 con materiales granulares y base asfáltica. ..... 65

**Ilustración 20.** Resultados del diseño #3. ..... 66

**Ilustración 21.** Diseño #4 con materiales granulares y base asfáltica. ..... 67

**Ilustración 22.** Resultados del diseño #4. ..... 68

**Ilustración 23.** Diseño #5 con materiales granulares y base asfáltica. ..... 69

**Ilustración 24.** Resultados del diseño #5. ..... 70

**Ilustración 25.** Diseño #6 con materiales granulares y base de cemento. ..... 71

**Ilustración 26.** Resultados del diseño #6. ..... 72

**Ilustración 27.** Sección del diseño de pavimento flexible. ..... 75

# Índice de Tablas

**Tabla 1.** Coordenadas UTM. ..... 5

**Tabla 2.** Clasificación Funcional de las Vías Según TPDA Proyectado ..... 7

**Tabla 3.** Clasificación del Tránsito Promedio Diario (TPD) ..... 10

**Tabla 4.** Granulometría de Materiales Base. ..... 14

**Tabla 5.** Granulometría de Materiales Sub-base. ..... 15

**Tabla 6.** Clasificación de los Suelos de la Subrasante. ..... 16

**Tabla 7.** Factor de ajuste mensual por provincias..... 36

**Tabla 8.** Factor de ajuste diario ..... 37

**Tabla 9.** Clase de Tránsito para Calzadas Separadas..... 40

**Tabla 10.** Clasificación de Tránsito del Número Acumulado de Vehículos Pesados.42

**Tabla 11.** Coeficiente De Agresividad Media . ..... 43

**Tabla 12.** Módulo para capas granulares no tratadas..... 43

**Tabla 13.** Valores para módulos de capa de rodadura y base asfáltica..... 44

**Tabla 14.** Valores para módulo de Poisson de capa de rodadura y base asfáltica .. 44

**Tabla 15.** Grados de Probabilidad de Falla recomendados ..... 45

**Tabla 16.** Tránsito pesado diario anual..... 52

**Tabla 17.** Características de los materiales bituminosos en fatiga..... 54

**Tabla 18.** Valores recomendados para el parámetro Sh ..... 54

**Tabla 19.** Caracterización de materiales bituminosos..... 55

**Tabla 20.** Factor de seguridad fractil. ..... 56

**Tabla 21.** Características de los materiales bituminosos en fatiga..... 56

**Tabla 22.** Resumen de diseños de espesores..... 73

**Tabla 23.** Resumen de diseños con espesores óptimos. ..... 73

**Tabla 24.** Longitud de la vía, según el diseño geométrico. ..... 74

**Tabla 25.** Resumen de costos del diseño #5. ..... 74

**Tabla 26.** Resumen de costos del diseño #6. ..... 75

**RESUMEN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN (ESPAÑOL)**

**FACULTAD: CIENCIAS MATEMATICAS Y FÍSICAS**
**CARRERA: INGENIERÍA CIVIL**


**Título Del Trabajo De Titulación:** **ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO EL MÉTODO MECANISISTA SOBRE UNA VÍA LATERAL A LA ALTURA DEL CANTÓN ALFREDO BAQUERIZO MORENO (JUJAN), PROVINCIA DEL GUAYAS.**

**Autores:** **Cristhian Arnaldo Juanazo Villamar, Freddy Geovanny Saldivia Monserrate**

**Tutor:** **Ing. Gustavo Xavier Ramírez Zambrano, Msc.**


## RESUMEN


El correcto diseño de vías de comunicación es de vital importancia ya que sin ellas la comunicación entre dos o más poblaciones no sería posible y con esto el desarrollo, progreso y comercio de ellas no podrían crecer, es por eso por lo que tener una vía segura, cómoda, duradera y económica es de vital importancia para las poblaciones. Este trabajo de investigación tiene como objetivo ser una guía para todas aquellas personas que pretendan interesarse por el diseño de pavimentos flexibles por un método mucho más conservador como es el método mecanicista que a diferencia de los métodos tradicionales este se basa en los esfuerzos y deformaciones que son causados por las cargas del tránsito a lo largo de su vida útil, variables que los métodos tradicionales no lo consideran. Al mismo tiempo el método mecanicista considera los cambios climáticos como la temperatura.



**PALABRAS CLAVES:** MECANICISTA, DISEÑO, ESFUERZO, PAVIMENTO, FLEXIBLE.

**RESUMEN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN (INGLÉS)**
**FACULTAD: CIENCIAS MATEMATICAS Y FÍSICAS**
**CARRERA: INGENIERÍA CIVIL**

**Tittle Of The Degree Project:** **ANALYSIS AND STRUCTURAL DESIGN OF FLEXIBLE PAVEMENT USING THE MECHANISTIC METHOD ON A SIDE ROAD AT THE HEIGHT OF THE ALFREDO BAQUERIZO MORENO CANTON (JUJAN), PROVINCE OF GUAYAS.**

**Authors:** **Cristhian Arnaldo Juanazo Villamar, Freddy Geovanny Saldivia Monserrate**

**Advisor:** **Ing. Gustavo Xavier Ramírez Zambrano, Msc.**

## ABSTRACT

The correct design of communication routes is of vital importance since without them the communication between two or more populations would not be possible and with this the development, progress and trade of them could not grow, that is why having a safe, comfortable route, durable and economical is of vital importance for the populations. This research work aims to be a guide for all those people who want to be interested in the design of flexible pavements by a much more conservative method such as the mechanistic method, which, unlike traditional methods, is based on the efforts and deformations that they are caused by traffic loads throughout their useful life, variables that traditional methods do not consider. At the same time, the mechanistic method considers climatic changes such as temperature.

**KEY WORDS:** MECHANICIST, DESIGN, EFFORT, PAVEMENT, FLEXIBLE.

# CAPÍTULO I

# Generalidades

## 1.1. Introducción

La perspectiva en que se basa los diferentes avances en el área de investigación con respecto a los pavimentos de carreteras, incorporando el progreso, manejo de la guía de diseño del método mecanicista, son aplicables a las diferentes vías urbanas, rurales y ferroviarias. Abarcando las diferentes conformaciones de las carreteras ya sea por su calzada, carriles o varios sentidos de circulación mediante la finalidad con la que fue construida.

En los últimos tiempos algunas ciudades del país tienen sus vías principales en saturación lo que provocan congestionamiento, esto implica que su demanda vehicular es mayor a la oferta vial lo cual no favorece al ámbito social, por esta razón es necesario la construcción de carreteras alternas para que el flujo del tráfico y los niveles de operación sean aceptables.

La práctica del diseño de pavimentos se somete en gran medida a los métodos empíricos, uno de los más utilizados en nuestro país es la metodología AASHTO 93, interviniendo el tráfico, las características de los materiales, clima y el rendimiento de las secciones del pavimento. Todos estos datos formaron la base para el desarrollo y calibración del primer borrador con respecto al mecanismo empírico.

El diseño de pavimentos empírico-mecanicista se basa en identificar el origen de ciertas fallas mecánicas, como el agrietamiento y la deformación por flexión en la parte

inferior del asfalto, esta metodología trata de cartografiar los resultados críticos a la acumulación de daños obtenidos en el rendimiento.

## 1.2. Situación Problemática

En el cantón Alfredo Baquerizo Moreno existe un congestionamiento vehicular en su vía principal (E25) desde hace mucho tiempo lo que produce un desgaste rápido en el pavimento ocasionando deterioros y malestar a los usuarios por los diferentes baches que se presentan y consecuentemente perjudica la economía y el desarrollo del cantón.

Como solución al problema, en el año 2021 se desarrolló el proyecto de tesis denominado “PROPUESTA DE TRAZADO GEOMETRICO VIAL, COMO ALTERNATIVA PARA OPTIMIZAR LA CIRCULACION VEHICULAR EN LA VIA, GUAYAQUIL – BABAHOYO, A LA ALTURA DE LA POBLACION DEL CANTON ALFREDO BAQUERIZO MORENO, PROVINCIA DEL GUAYAS” cuyos autores son “ANTHONY MAURICIO PENDOLEMA VALLEJO y CARLOS JAHIR ZUÑIGA COLOMA” en la cual se realizó el diseño geométrico de la vía, quedando por determinar los espesores de las diferentes capas que forman el sistema estructural del pavimento flexible, el cual es el objetivo general de este proyecto.

## 1.3. Objetivos

### 1.3.1. Objetivo General.

Diseñar los espesores de la estructura del pavimento flexible utilizando el método de diseño mecanicista para la vía lateral a la altura del cantón Alfredo Baquerizo Moreno (Jujan), Provincia del Guayas.

### 1.3.2. Objetivos Específicos.

- Realizar un estudio de tráfico vehicular en la vía E25 del cantón Alfredo Baquerizo Moreno (Jujan) mediante el sistema de conteo de cámaras de video para obtener el número de vehículos que transitan por dicha vía.
- Determinar las admisibilidades máximas permitidas para el diseño óptimo de la estructura de pavimento.
- Diseñar los diferentes espesores de la estructura del pavimento a partir del software de Diseño Mecanicista Empírico para Pavimentos Flexibles CEDEM.

## 1.4. Delimitación

El presente trabajo englobará teorías utilizadas para predecir respuestas críticas del pavimento (deformaciones, tensiones, deflexiones, etc.), prácticas de caracterización de materiales y el vínculo definido entre el parámetro decisivo de respuesta del pavimento y la inquietud observada en el campo debido a las cargas de tráfico aplicadas, basándonos en un proyecto anterior de tesis denominado “PROPUESTA DE TRAZADO GEOMETRICO VIAL, COMO ALTERNATIVA PARA OPTIMIZAR LA CIRCULACION VEHICULAR EN LA VIA, GUAYAQUIL – BABAHOYO, A LA ALTURA DE LA POBLACION DEL CANTON ALFREDO BAQUERIZO MORENO, PROVINCIA DEL

GUAYAS" cuyos autores son "ANTHONY MAURICIO PENDOLEMA VALLEJO y CARLOS JAHIR ZUÑIGA COLOMA" propondremos el análisis y diseño de los diferentes espesores que formaran el paquete estructural de pavimento flexible para una vía lateral en el cantón Alfredo Baquerizo Moreno (Jujan).

## 1.5. Justificación

Actualmente en el Ecuador beneficiarse con infraestructuras viales adecuadas y funcionales es de vital relevancia para el desarrollo socioeconómico, lo que determina garantizar un funcionamiento adecuado del pavimento. Las constantes investigaciones en la ingeniería de pavimentos con la ayuda de computadoras modernas han impulsado el desarrollo de la utilización de los métodos empíricos mecanicista.

Debido a esto se planteó en un trabajo anterior de tesis denominada **"PROPUESTA DE TRAZADO GEOMETRICO VIAL, COMO ALTERNATIVA PARA OPTIMIZAR LA CIRCULACION VEHICULAR EN LA VIA, GUAYAQUIL – BABAHOYO, A LA ALTURA DE LA POBLACION DEL CANTON ALFREDO BAQUERIZO MORENO, PROVINCIA DEL GUAYAS"** una vía alterna en la cual se realizó el diseño geométrico horizontal y vertical, cuyos autores son **"ANTHONY MAURICIO PENDOLEMA VALLEJO y CARLOS JAHIR ZUÑIGA COLOMA"** y con el presente trabajo se pretende diseñar la estructura del pavimento usando el método mecanicista a partir de las siguientes bases del proyecto anterior detalladas a continuación: Diseño geométrico de la vía, estudios de suelo, estudios hidrológicos e hidráulicos para una longitud de 3,81 Km en la vía Jujan.

Con esta propuesta se logrará obtener los espesores óptimos de la estructura de pavimento flexible para una vía segura y con un tiempo de vida considerable.

## 1.6. Ubicación de proyecto

El proyecto se realiza en el cantón Alfredo Baquerizo Moreno (Jujan), provincia del Guayas a 56,80 Km cuya distancia es medida con navegador GPS desde la cabecera cantonal de Guayaquil, en la vía Guayaquil – Babahoyo por E25.

**Ilustración 1.** Ubicación del Proyecto
**Elaborado por:** Cristhian Juanazo y Freddy Saldivia

**Tabla 1.** Coordenadas UTM.

| Descripción | Coordenadas UTM | |
|---|---|---|
| | Este | Sur |
| Inicio 0+000 | 660040,189 m | 9789183.249 m |
| Fin 3+460 | 660099.65 m | 9791693.61 m |

**Elaborado por:** Cristhian Juanazo y Freddy Saldivia

# CAPÍTULO II

# Marco Teórico

## 2.1. Antecedentes

El correcto diseño de una vía es de vital importancia ya que ella ayuda al progreso, comunicación, comercialización e interrelación de la población entre dos o más localidades. Desde inicio del siglo XIX aparecieron los primeros diseños de pavimentos los cuales eran muy inseguros, inestables e ineficientes por sus características geológicas y geomorfológicas del suelo. (Correia & Ojeda, 2021)

La piedra fue utilizada en aquellos tiempos como el material principal de la construcción de vías por su gran aporte de resistencia a la compresión debido a ello paso a ser un agregado principal en la fabricación de hormigones ya sean hidráulico o asfaltico. (Nardiz, 1973).

El método mecanicista o racional apareció cuando se empezó a someter a cargas a la estructura de pavimento y consideraciones ambientales de variación de clima con el fin de obtener los esfuerzos a cualquier profundidad ya que este método ve a la estructura de pavimento como un medio elástico en la cual se coloca una carga vehicular que transmite un esfuerzo en la carpeta asfáltica y mediante un modelado elástico lineal se obtienen las deformaciones, esfuerzos horizontales y verticales que se presentaran en cada una de las capas de la estructura del pavimento. (Correia & Ojeda, 2021)

La metodología empírica mecanicista a diferencia de las metodologías tradicionales está compuesta por un prototipo de respuesta y comportamiento con el objetivo de diagnosticar la respuesta del paquete estructural al superponer una carga sobre la

superficie para obtener las deformaciones y que cuyo valor sea inferior a los admitidas por el tipo de tráfico. (Morales, y otros, 2020)

El enfoque de esta metodología es puramente científico y es el más usado y recomendado para el diseño de pavimentos flexibles, debido a que el pavimento está sometido a un análisis que pueda ocurrir por las condiciones climáticas y del tránsito vehicular. El primer parámetro que esta metodología considera es el Módulo Resiliente debido a que se correlaciona con el ensayo de Californian Bearing Ratio (CBR) más no como una característica mecánica básica del material granular. (Ursangila, 2009)

## 2.2. Bases teórico-científicas

### 1.6.1. Clasificación de las vías.

**Por su capacidad.**

Las vías por su capacidad se clasifican según el volumen de tráfico promedio diario anual (TPDA). (Montejo Fonseca, 2010)

**Tabla 2.** Clasificación Funcional de las Vías Según TPDA Proyectado

| Tipo de carretera | TPDA proyectado |
|---|---|
| RI o RII | >8000 |
| I | 3000 - 8000 |
| II | 1000 - 3000 |
| III | 300 - 1000 |
| IV | 100 - 300 |
| V | <100 |

**Fuente:** (MTOP, 2002)

**Por su importancia.**

**Corredores arteriales:** Conectan grandes recorridos por ser de grandes jerarquías generan seguridad y son muy eficientes. (Montejo Fonseca, 2010)

**Vías colectoras:** Sirven para recorridos más cortos que los corredores arteriales y son de mediana jerarquía. (Montejo Fonseca, 2010)

**Caminos vecinales:** Generalmente se encuentran que zonas rurales como pueblos, son más usadas para el uso agrícola y zonas de turismo. (Montejo Fonseca, 2010)

**Por sus condiciones orográficas.**

**Relieve llano:** Son carreteras con una inclinación media menor o igual al 5%. (Montejo Fonseca, 2010)

**Relieve ondulado:** Son carreteras con una inclinación media mayor al 5% y menor o igual al 15%. (Montejo Fonseca, 2010)

**Relieve accidentado:** Son carreteras con una inclinación media mayor al 15% y menor o igual al 25%. (Montejo Fonseca, 2010)

**Relieve muy accidentado:** Son carreteras con una inclinación media mayor al 25%. (Montejo Fonseca, 2010)

### 1.6.2. Estudios de tránsito para diseño de pavimentos.

**Eje sencillo.**

Es un eje cuyos extremos solo lleva una o dos ruedas sencillas. (Reyes Lizcano, 2003)

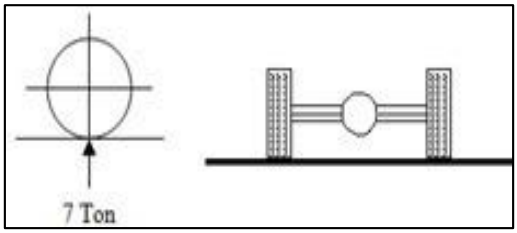



**Ilustración 2.** Eje simple
**Fuente:** (Rondón & Reyes, 2015)

**Eje tándem.**

Es un eje que está formado por dos ejes simples o sencillos con dobles ruedas en sus extremos. (Reyes Lizcano, 2003)

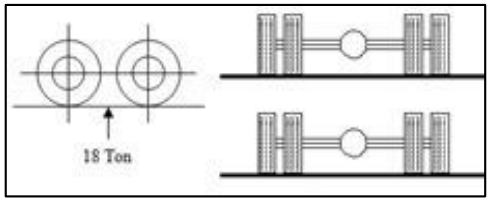



**Ilustración 3.** Eje tándem
**Fuente:** (Rondón & Reyes, 2015)

**Eje trídem.**

Es un eje que está formado por tres ejes sencillos con ruedas dobles. (Reyes Lizcano, 2003)

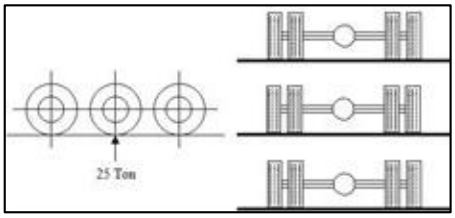



**Ilustración 4.** Eje trídem
**Fuente:** (Rondón & Reyes, 2015)

**Vehículo ligero.**

El vehículo ligero es aquel que su capacidad es menor a 5 toneladas como autos, camionetas, etc. (Reyes Lizcano, 2003)

**Vehículo comercial.**

Son los vehículos cuya capacidad es mayor a 5 toneladas como buses, camines, volquetes, tráiler, etc. (Reyes Lizcano, 2003)

**Volumen de tránsito.**

Es la cantidad de vehículos que pasan por ambos sentidos de la vía en tiempo específico, este puede ser medido en horas, días, semanas, etc. (Reyes Lizcano, 2003)

**Tránsito Promedio Diario (TPD).**

El transito promedio diario por sus siglas TPD es la intensidad máxima promediada a 15 años de vida útil de la vía, en la cual se incluyen los diferentes tipos de vehículos que por ella transitan. (Reyes Lizcano, 2003)

**Tabla 3.** Clasificación del Tránsito Promedio Diario (TPD)

| Clasificación del transito | Número de vehículos por día |
|---|---|
| T1 | Menos de 300 |
| T2 | Entre 300 y 1000 |
| T3 | Entre 1000 y 3000 |
| T4 | Entre 3000 y 6000 |
| T5 | Entre 6000 y 12000 |

**Fuente:** (Reyes Lizcano, 2003)

**Tránsito Generado.**

Es aquel transito compuesto por los vehículos que se han desviado a la nueva vía por cualquier circunstancia o por agrado de esta. Las tasas oscilan entre el 5% y el 25% del

tránsito actual y este se puede generar en periodos de uno a años posterior. (Cal y Mayor, 2016)

**Tránsito Desarrollado.**

El transito desarrollado es el aumento del tránsito cuando se produce mejoras en el suelo cercano de la vía. Este se diferencia del tránsito generado ya que sigue continuando por varios años después que ha sido puesta en servicio la vía. (Cal y Mayor, 2016)

**Tránsito Proyectado.**

Es aquel tránsito que se logra por medio del tránsito asignado haciendo una proyección del tránsito para pavimentos de concretos asfalticos en un rango de tiempo de 10 a 20 años. Este tránsito se lo obtiene con la siguiente ecuación. (Rondón & Reyes, 2015)

$$Tp = Ta\ (1 + i)^n$$

**Ecuación 1.** Tráfico proyectado
**Fuente:** (Rondón & Reyes, 2015)

Siendo,

**Tp** = Tráfico proyectado o tráfico futuro

**Ta** = Tráfico asignado.

**i** = Tasa de incremento de tráfico.

**n** = número de años a proyectar.

**Tránsito existente.**

Es un tránsito que presenta la carretera antes de ser construida o pavimentada. (Cal y Mayor, 2016)

**Tránsito atraído.**

Como su nombre lo indica es un tránsito atraído de otras vías existentes de una o varias vías cercanas sin que afecte su origen ni destino. (Cal y Mayor, 2016)

**Nivel de servicio.**

Sirve para medir la calidad el flujo vehicular de la carretera considerando la velocidad, tiempo de recorrido, seguridad, costo de operación entre otras variables. (Cal y Mayor, 2016)

**Capacidad vial.**

Es la cantidad máxima de vehículos que pueden circular por la vía sin que estos se vean afectados por demoras ni restricciones en su recorrido. (Cal y Mayor, 2016)

### 1.6.3. Funciones de un pavimento.

La finalidad de una estructura de pavimento es de brindar una superficie de rodamiento que sea segura y cómodo para los vehículos que transitas sobre ellas a las velocidades establecidas baja cualquier condición climática. Además, deberá también ser económico y duradero, poseer un color adecuado para que no ocasione ceguera ni reflejos al conductor. (Cal y Mayor, 2016)

### 1.6.4. Componentes de un pavimento.

Según (Reyes Lizcano) en la siguiente ilustración se muestra la estructura de un pavimento de concreto asfáltico, consideremos que toda estructura de un pavimento está conformada por un conjunto de capas superpuestas una encima de la otra, cabe

mencionar que dependiendo de las condiciones se puede aumentar o quitar alguna o algunas capas granulares en caso de que se realice una estabilización de algunas de ellos o de la subrasante.

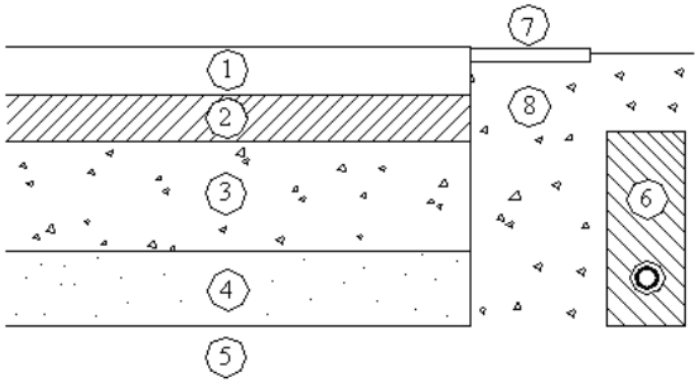



**Ilustración 5.** Estructura de un pavimento.
**Fuente:** (Rondón & Reyes, 2015)

**1.- Capa de rodadura. -** Es la estructura que se encuentra en contacto directo con los neumáticos de los vehículos, esta puede ser tratamientos superficiales, arena-asfalto, concretos bituminosos, lechadas y micro aglomerados en frio. (Reyes Lizcano, 2003)

**2.- Base de agregados. -** Son materiales granulares que se apoyan sobre las subbases, las bases pueden ser cribados o triturados estabilizados con materiales finos provenientes de trituraciones. Su CBR no deberá ser menor que 80 con un Proctor Modificado del 95% de su densidad máxima. (MTOP, 2002)

Según el Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOP) clasifica a las bases en cuatro tipos:

**Base clase 1:** Son bases que están compuestas por materiales gruesos y finos mezclados en una planta central.

**Base clase 2:** Estas bases deberán contener más del 50% de materiales triturados que deberán ser procesados en una planta central.

**Base clase 3:** Estas bases deberán contener al menos el 25% de triturados mezclados en una planta central.

**Base clase 4:** Son bases que los materiales son obtenidos mediante el proceso de cribado de grava o piedras.

**Tabla 4.** Granulometría de Materiales Base.

| TAMIZ | Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | CLASE 1 | | CLASE 2 | CLASE 3 | CLASE 4 |
| | A | B | | | |
| 3” (76.20 mm.) | -- | -- | -- | -- | -- |
| 2” (50,40 mm.) | 100 | -- | -- | -- | 100 |
| 11/2 (38.10 mm.) | 70 - 100 | 100 | -- | -- | -- |
| 1” (25.40 mm.) | 55 - 85 | 70 - 100 | 100 | -- | 60 - 90 |
| 3/4” (19.00 mm.) | 50 - 80 | 60 - 90 | 70 - 100 | 100 | -- |
| 3/8” (9.50 mm.) | 35 - 60 | 45 - 75 | 50 - 80 | -- | 20 - 50 |
| N° 4 (4.75 mm.) | 25 - 50 | 30 - 60 | 35 - 65 | 45- 80 | -- |
| N° 10 (2.00 mm.) | 20 - 40 | 20 - 50 | 25 - 50 | 30 - 60 | -- |
| N° 40 (0,425 mm.) | 10 - 25 | 10 - 25 | 15 - 30 | 20 - 35 | -- |
| N° 200 (0,075 mm.) | 2 - 12 | 2 - 12 | 3 - 15 | 3 - 15 | 0 - 15 |

**Fuente:** (MTOP, 2002)

**3.- Sub-base. -** Son materiales granulares que se encuentra por debajo de las capas bases su CBR no debe ser inferior de 30 con un Proctor Modificado del 95% de su densidad máxima. (Reyes Lizcano, 2003)

Según el Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOP) clasifica a las subbases en tres tipos:

**Sub-base clase 1:** Son materiales que deberán tener por lo menos el 30% del agregado deber ser por el proceso de trituración ya sean gravas o rocas.

**Sub-base clase 2:** Estos materiales pueden ser obtenidos ya sean por cribaos o trituración, pero también deberá cumplir con el 30% mínimo de agregados triturados.

**Sub-base clase 3:** Son bases que constan de materiales graduados uniformemente naturales y procesados.

**Tabla 5.** Granulometría de Materiales Sub-base.

| TAMIZ | Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada | | |
|---|---|---|---|
| | CLASE 1 | CLASE 2 | CLASE 3 |
| 3” (76.2 mm.) | -- | -- | 100 |
| 2” (50,4 mm.) | -- | 100 | -- |
| 11/2 (38.1 mm.) | 100 | 70 - 100 | -- |
| N° 4 (4.75 mm.) | 30 - 70 | 30 - 70 | 30 - 70 |
| N° 40 (0,425 mm.) | 10 - 35 | 15 - 40 | -- |
| N° 200 (0,075 mm.) | 0 - 15 | 0 - 20 | 0 - 20 |

**Fuente:** (MTOP, 2002)

**4.- Material de mejoramiento. -** Son materiales de suelo granulares, rocosos a una mezcla de ambos, sin la presencia de material orgánico y escombros, tendrá un índice de plasticidad no mayor que 9 y con CBR mayor que 20, Estos materiales se asientan debajo de la capa de la subbase y deberá tener un Proctor Modificado del 95% de su densidad máxima. Su granulometría debe pasar por el tamiz de 4” (100 MM) y máximo

un 20% de la malla #200 (0,075 mm), el material que pase la malla # 40 (0,425 mm) su límite liquido será máximo 35% (MTOP, 2002)

**5.- Subrasante. -** Es la superficie de una carretera terminada al nivel de corte y relleno o la superficie superior de la obra básica sobre la cual se colocarán las diferentes capas que formarán el paquete estructural de la vía. Deberá soportar todas las cargas de tránsito en última instancia y presentar una conducta ideal ante la acción del medio ambiente. (Rondón & Reyes, 2015)

Las funciones principales de la subrasante son las siguientes:

1.- Resistir las cargas transmitidas por los vehículos que transitan a lo largo de la vía.

2.- Proporcionar una apropiada cimentación a las demás capas.

3.- Tener buenas propiedades físicas y químicas que no varíen demasiado en el tiempo. En el diseño de vías en necesario conocer la capacidad portante y su potencial expansivo, en función del CBR podemos clasificar los suelos de la subrasante de la siguiente manera:

**Tabla 6.** Clasificación de los Suelos de la Subrasante.

| **Clasificación de los suelos de la subrasante** | |
|---|---|
| Subrasante | CBR en % |
| S 1 | 2 |
| S 2 | 3 - 5 |
| S 3 | 6 - 10 |
| S 4 | 11 - 20 |
| S 5 | Mayor a 20 |

**Fuente:** (Montejo Fonseca, 2010)

**6.- Sub-drenaje longitudinal. -** Son obras que permiten evacuar el agua interna y externa a la que está sometida la estructura del pavimento. Su objetivo principal es de proteger a la subrasante de que el agua llegue a ella, para así reducir los efectos desfavorables de la estabilidad de toda la estructura de pavimento. (Montejo Fonseca, 2010)

**7.- Bermas o espaldones. -** Son aquellas partes de la corona del pavimento y se encuentran a los costados de la calzada. Su objetivo principal es proporcionar un espacio adecuado para el uso de los vehículos en caso de requerirse una detención por alguna situación de emergencia que el conductor requiera. El ancho mínimo esta desde los 50 cm hasta los 2,00 metros los cuales varían dependiendo de la importancia y uso del a carretera. (Montejo Fonseca, 2010)

### 1.6.5. Clasificación de los pavimentos.

**Pavimentos flexibles.**

Son aquellos pavimentos que constan de una capa de concreto asfaltico sobre una base de material granular y tienen una baja resistencia a la tensión en comparación con los pavimentos rígidos por lo cual este tipo de pavimentos transmite las cargas de tránsito a la capa de la subrasante. La capa de rodadura y la base granular son capaces de absorber los esfuerzos verticales de tensión y se las adhiere utilizando riego de imprimación. (Montejo Fonseca, 2010)

**Pavimentos rígidos.**

Son aquellos pavimentos cuya superficie de rodadura es una losa de concreto de cemento Portland, esta capa de rodadura es capaz de absorber las tensiones para no transferirlas a las capas subyacentes debido a su gran resistencia a la flexión, esto aporta

a que la capa inmediatamente inferior pueda ser una Sub-base por esta razón pueden emplearse materiales granulares de capacidad de soporte más baja a la requerida en los pavimentos flexible. (Montejo Fonseca, 2010)

**Pavimentos semi-rígidos.**

Este tipo de pavimentos es una combinación entre el pavimento flexible y rígido, normalmente la capa de concreto de cemento Portland se encuentra por debajo de la capa de concreto asfaltico. En este tipo de pavimento una de sus capas se encuentra rigidizada con algún compuesto ya sea cal, asfalto, emulsiones o cemento los cuales tienden a mejorar la capacidad de soporte o las propiedades mecánicas de los materiales granulares. (Montejo Fonseca, 2010)

**Pavimentos articulados.**

Este tipo de pavimentos se usa generalmente por su gran facilidad y colocación de adoquines de concreto prefabricado ya que son muy económicos y por su aporte arquitectónico, normalmente se usa para tráfico liviano (puede ser peatonal o vehículo ligero) en urbanizaciones y zonas regeneradas, Estos bloques de concretos se asientan sobre una capa de arena que puede estar apoyada sobre una base granular o también sobre la subrasante. (Montejo Fonseca, 2010)

### 1.6.6. Funciones de las capas de un pavimento.

**Pavimento flexible.**

**Por economía. -** A diferencia del pavimento a base del cemento portland este es más económico en relación 1:3 debido a que su espesor es mucho menor ya que transmite

los esfuerzos a las capas de base y subbase, no obstante deber ser construido con materiales de alta calidad. (Montejo Fonseca, 2010)

**Capa de transición. -** La subbase es capaz de impedir que se mezclen los materiales que conforman la base con la subrasante y viceversa, en otras palabras, actúa como un filtro. (Montejo Fonseca, 2010)

**Disminuye las deformaciones. -** La subbase es capaz de absorber los pequeños cambios volumétricos que puedan ocasionar las variaciones de humedad en la subrasante y así impedir que se reflejen en la capa de rodadura. (Montejo Fonseca, 2010)

**Impermeabilidad. -** Deberá impedir la filtración del agua al interior del paquete estructural y a su vez interrumpir la labor del bombeo en las grietas, juntas y bordes del pavimento. (Montejo Fonseca, 2010)

**Pavimento rígido.**

- A diferencia del pavimento flexible la función más relevante del pavimento rígido es detener la acción del bombeo en todas las juntas, grietas y bordes del pavimento para evitar la evacuación de material fino de la subrasante a la superficie, efecto que es causado por la presión de los vehículos a través de la capa de rodadura a base de cemento portland. (Montejo Fonseca, 2010)

- Ayudar en las labores de pavimentación.

- Aumentar la capacidad de soporte de la subrasante.

- Reduce y controla los cambios de volumen de la subrasante y así evitar los posibles cambios en la rasante.

**Pavimento articulado.**

- La cama de arena se coloca directamente sobre un material de base, esta cama servirá como filtro del agua que pueda ingresar en las juntas de los adoquines.

- La cama de arena sirve de asiento para los adoquines. (Montejo Fonseca, 2010)

### 1.6.7. Factores para considerar en el diseño de pavimentos.

**El tránsito.**

Sin duda alguna el tránsito es una de las variables más importantes a considerar en el diseño de pavimentos, ya que a través de él se logrará determinar el espesor de las diferentes capas que forman el paquete estructural dependiendo del número de vehículos y ejes (simple, tándem o trídem) que transitarán por la vía. (Montejo Fonseca, 2010)

**La subrasante.**

Dicho espesor también dependerá de la capacidad de soporte de la subrasante y de resistencia a la deformación por corte ante las cargas de tránsito en la superficie de rodadura, para ello se deberá evaluar el suelo en condiciones de humedad, suelos expansivos y de ser necesario estabilizar el suelo con los medios necesarios. (Montejo Fonseca, 2010)

**El clima.**

En nuestro medio los cambios ambientales tienen un gran aporte en la afectación del diseño de pavimentos, como es la lluvia y la variación de temperatura.

Las lluvias afectan a la resistencia, compresibilidad y la variación de volumen de la subrasante debido a la elevación del nivel freático, además de afectar en las obras de

construcción de movimientos de tierra y compactación de las capas granulares y asfálticas.

La variación de temperatura afecta a la capa de rodadura de pavimento rígido causan grandes esfuerzos y en muchos casos superan a los esfuerzos transmitidos por las cargas de los vehículos.

Para el caso de los pavimentos flexibles por ser muy susceptible a los cambios de temperatura puede ocasionar variación en el módulo de elasticidad que podrían afectar al nivel de servicio de la vida debido a la provocación de grietas o deformaciones. (Montejo Fonseca, 2010)

**Ensayo del CBR (Californian Bearing Ratio).**

El ensayo del CBR o California Bearing Ratio es un ensayo que fue desarrollado por el Departamento de Transportes de California (EE. UU.) antes de la segunda guerra mundial, consiste en la compactación de una muestra de suelo en un molde para luego ser saturados y aplicar un punzonamiento sobre la muestra con embolo.

Este ensayo sirve para estudiar la capacidad portante de los suelos compactados, se rige por la Norma ASTM 1883 y es expresada en porcentaje. (Montejo Fonseca, 2010)

**El módulo resiliente (Mr).**

Este parámetro indica la rigidez del material que está sometido a una carga repetida tipo elástica la cual tiene un tiempo de descanso entre cada aplicación.

Se lo realiza mediante el ensayo triaxial dinámico el cual consiste en construir una probeta de forma cilíndrica de suelo alterado o no alterado, luego se ingresa en una celda triaxial que aplicara varias presiones a la muestra con el fin de simular las cargas que

estará sujeto el suelo de la estructura de pavimento para así determinar las deformaciones que en este se puedan generar. (Guzmán Suárez & Higuera Sandoval, 2016)

El Módulo Resiliente de alguna forma se correlaciona con el CBR mediante varias ecuaciones presentadas a continuación:

$$Mr\ (MPa) = 5 * CBR$$

**Ecuación 2.** Caracterización de la subrasante.
**Fuente:** (Rondón & Reyes, 2015)

### 1.6.8. Daños en la estructura del pavimento flexible.

**Fisuras:** Son aberturas de tamaños pequeños iguales o menor a 3mm que se forman debido a las tensiones mayores que la capacidad de soporte del pavimento y existes dos tipos, las longitudinales y las transversales. Las longitudinales proceden en el sentido de circulación de los vehículos y las trasversales perpendicular al flujo vehicular. (Lozada Díaz, 2018)

**Ilustración 6.** Fisura Transversal
**Fuente:** (Rondón & Reyes, 2015)

**Piel de cocodrilo:** Conocida también como agrietamiento y son un grupo de fisuras unidas por la fatiga y sucede cuando la capa de rodadura esta impuesta a cargas repetitivas constantes ocurridas por el tráfico es decir cuando los valores del esfuerzo de la tensión incrementan y por consiguiente las deformaciones unitarias. Este agrietamiento tiene la forma de líneas en sentido de la circulación de vehículos o longitudinales en paralelo con dimensiones menores a 50 cm de longitud. (Lozada Díaz, 2018)

**Ilustración 7.** Falla por piel de cocodrilo
**Fuente:** (Lozada Díaz, 2018)

**Desintegración:** Es la descomposición, disgregación o desprendimiento progresivo de los distintos materiales que componen la carpeta asfáltica o capa de rodadura producido ya sea por el envejecimiento del material o el bajo contenido de cemento asfáltico. Este desprendimiento de los ligantes puede ocurrir por la acción del agua o por elementos mecánicos. (Lozada Díaz, 2018)

**Ilustración 8.** Disgregación de la capa asfáltica
**Fuente:** (Lozada Díaz, 2018)

**Parches deteriorados:** Es la superficie donde se ha retirado el material del pavimento primario el cual fue sustituido por un material igual o distinto con el objeto de restaurar la estructura. Entre las causas más probables de los parches deteriorados tenemos juntas defectuosas, mala construcción o reposición del parche, ineficiencia en la construcción, subrasante insuficiente para el parcheo estructural, el espesor de la capa de rodadura fue insuficiente, la calidad de la mezcla asfáltica fue permeable, el riego de liga o imprimación no fue suficiente o la compactación no fue adecuada. (Lozada Díaz, 2018)

**Ilustración 9.** Parche deteriorado
**Fuente:** (Lozada Díaz, 2018)

**Bache:** Es la descomposición total de la capa de rodadura y que puede llegar a expandir hasta las otras capas del paquete estructural con profundidades discontinuas o variables formando brechas de bordes. Estos baches se forman por la composición de

varias causas que pueden ser, ineficiencia en la construcción, capas inseguras e inestables, carpeta asfáltica, embotellamiento del agua en huecos o grietas. (Lozada Díaz, 2018)

**Ilustración 10.** Baches en el pavimento
**Elaborado por:** Cristhian Juanazo y Freddy Saldivia

### 1.6.9. Análisis y composición del tráfico.

En el diseño de pavimentos la consideración más importante es el número de ejes equivalentes acumulados (N) o ESALs “Equivalent Simple Axial Load” es la cantidad de un pronóstico de repeticiones del eje de 18 kips (8.16 ton = 80 kN) que es la carga equivalente para un ciclo establecido. (Lázares, 2016)

**Variaciones de tráfico.**

La variación del tráfico son los factores que permiten relacionar observaciones presentes y puntuales de tráfico de muestras estadísticas de lo sucedido precedentemente para así obtener el Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) del año en que se realiza el estudio. (MTOP, 2002)

### 1.6.10. Estabilización de suelos.

El objetivo principal de la estabilización de un suelo es mejorar las condiciones físicas, mecánicas y fisicoquímicas del suelo como son la resistencia, durabilidad, compresibilidad, permeabilidad y estabilidad volumétrica a corto y largo plazo en los diferentes escenarios climáticos. (Montejo Fonseca, 2010)

**La Resistencia. -** La resistencia de un suelo es inversamente proporcional a la humedad de este, es decir que si un suelo tiene un gran contenido de humedad su resistencia será baja.

La arcilla obtiene una resistencia muy elevada cuando están secas como es el caso de lo ladillos y tabiques que una vez seco se los calienta a grandes temperaturas. Existen casos en donde la arcilla al disminuir su húmedas pierde resistencia y han provocado deslizamientos por efecto de los agrietamientos, provocando que sea un suelo friccionante debido a su comportamiento. (Montejo Fonseca, 2010)

**La durabilidad. –** Se refiere a los factores de la resistencia al intemperismo, desgaste del tráfico vehicular, por tal forma que los problemas de durabilidad están ligados a los suelos que están muy cerca de la superficie de rodadura, ya que dicho problema puede afectar a los suelos naturales o aquellos estabilizados.

**La compresibilidad. -** Esta hace que se modifique la permeabilidad debido a que altera las fuerzas existentes en magnitud y sentido provocando susceptibilidad al deslizamiento, por lo tanto, para el caso de arcillas saturadas de debe considerar minuciosamente el drenaje para permitir la consolidación adecuada del suelo. (Montejo Fonseca, 2010)

**La permeabilidad. -** Se lo puede legrar mediante el proceso de compactación e inyección. El uso de defloculantes también puede reducir considerablemente la permeabilidad para el caso de los suelos arcillosos. (Montejo Fonseca, 2010)

**La estabilidad volumétrica. –** Las rupturas y deformaciones en las estructuras de pavimento son ocasionadas por la variación de la humedad, por ello para evitar esas variaciones volumétricas en suelos expansivos existe un procedimiento que es ingresar agua al suelo de manera cíclica, también emplear cargas que contrarresten la presión de la expansión, utilización de geotextil impermeables. (Montejo Fonseca, 2010)

Según Alfonso Montejo Fonseca (2010) en su libro Ingeniería de pavimentos indica que las propiedades de los suelos se pueden modificar por los siguientes procedimientos: Por medios mecánicos, por drenaje, por medios eléctricos, por empleo de calor y calcinación y por medios químicos.

**Estabilización mecánica:** El método más conocido es la compactación.

Estabilización por drenaje: Consiste en diseñar obras de subdrenajes que puedan mantener alejada o encauzar el agua mediante sistemas a gravedad y así poder disminuir a las presiones más bajas. (Montejo Fonseca, 2010)

**Estabilización por medios químicos:** Se logra por la mezcla de agentes estabilizadores como son la cal, cemento y asfalto. (Montejo Fonseca, 2010)

### 1.6.11. Método Racional Mecanicista.

Este método se diferencia de los demás métodos ya que toma en cuenta los esfuerzos y las deformaciones que perciben las diferentes capas que conforman el paquete estructural, generalmente se requieren programas (softwares) para su cálculo desde los

años setenta, donde se ingresan la carga, presión de contacto, el módulo resiliente, relación de Poisson y el espesor de las capas para así poder adquirir los esfuerzos y las deformaciones para luego ser analizados y contrastados con los recomendados para la vida útil de la estructura proyectada. (Coria, Hernandez, & Garnica, 2018)

Coria, Hernández & Garnica (2018) indican que este tipo de metodología al igual que los demás métodos el pavimento falla por el aumento de deformaciones a tensión en la región inferior de la calzada (carpeta asfáltica) causados por las fases de carga y descarga sin embargo omite la deformación vertical en las capas granulares Base y Sub-base no estabilizadas de manera que solo considera dichas deformaciones en la subrasante.

El problema radica en esta metodología que el cálculo de los esfuerzos y las deformaciones se lo desarrolla considerando que es pavimento es flexible en una estructura de varias capas (multicapas) elástico lineal formado por tres capas; capa de rodadura asfáltica, capa granular no estabilizada y la subrasante como se observa en la ilustración siguiente:

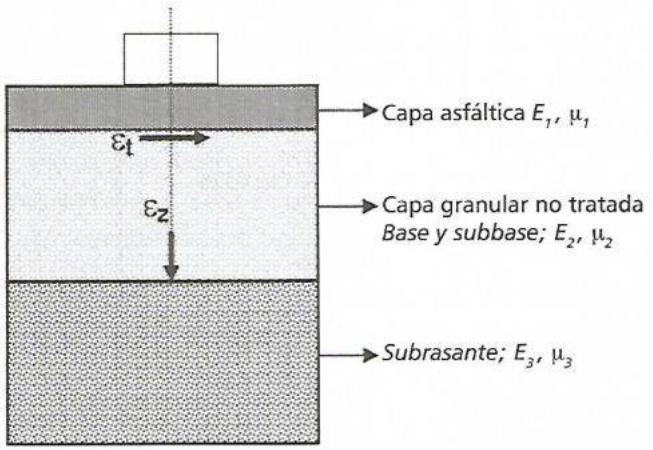



**Ilustración 11.** Sistema de Multicapa Elástico para el Análisis de Pavimentos
**Fuente:** (Rondón & Reyes, 2015)

**Ventajas del método mecanicista.**

Permite valorar las consecuencias de la variación de los materiales en el cumplimiento del pavimento mediante la relación especificaciones técnicas, métodos de construcción y el diseño de la estructura de pavimento, también ese encarga de examinar el envejecimiento de los materiales por cada mes a lo largo de su vida útil estimada. (Reyes Lizcano, 2003)

**Desventajas del método mecanicista.**

Este método asume que los materiales del paquete estructural son homogéneos e isotrópicos, mediante la utilización de softwares de diseño no consideran las diferentes formas que se pueden presentar en el paquete estructural puesto que no consideran las propiedades mecánicas de los materiales causadas por el efecto del medio ambiente y en el caso de las capas de asfalto de poco espesor se pueden generar valores irreales al utilizar ecuaciones elásticas. (Rondón & Reyes, 2015)

**Etapas del proceso de análisis del método mecanicista.**

Según (Correia & Ojeda) se presenta el procedimiento básico para el diseño de pavimentos flexibles por la metodología empírica mecanicista:

**1.- Elección de la estrategia para el diseño de demostración. –** El objetivo es determinar la sección transversal del diseño demostrativo por lo que se recomienda utilizar la Guía AASHTO 93.

**2.- Elección de las valoraciones adecuadas de desempeño, para los índices y nivel de confiabilidad de diseño de proyecto. –** Estas valoraciones o criterios deberán comprender la proporción de los principales daños como fatiga y regularidad superficial

del pavimento (IRI), los mismos que son los promotores de la reconstrucción o rehabilitación de las vías.

**3.- Adquisición de todos los datos de entrada para el diseño demostrativo del pavimento bajo consideración. –** Estos datos son los siguientes: la información del proyecto, las normas o criterios de diseño, el tráfico, el clima, las diferentes capas de la estructura del pavimento y las propiedades mecánicas de los materiales.

**4.- Utilización de un programa de computación para el análisis mecánico. –** Existen muchos softwares en el mercado para el diseño, para nuestro caso utilizaremos el software CEDEM, lo importante es verificar el ingreso correcto de los datos y la evaluación correspondiente a los índices de desempeño.

**5.- Revisión del diseño demostrativo. –** Si es necesario hacer una revisión del diseño de prueba por si llegase a tener anomalías o errores en la entrada de datos, comportamientos de los materiales, etc.

**Predimensionamiento.**

Se puede hacer una estimación de la capa de rodadura para el pre-dimensionamiento con los datos obtenidos de alguna otra vía o una metodología que se suela aplicar al este diseño. (Reyes Lizcano, 2003)

**Cálculo de la estructura de pavimento.**

Una vez que se tiene el pre-dimensionamiento se procederá a obtener las posibles deformaciones que se puedan generar por los esfuerzos con relación al eje de 13 toneladas, presión de 0,662 MPa producida por cada semi-eje de neumáticos idénticos de dos anillos con diámetro de 25 cm distanciados a 37,50 cm entre ejes. (Reyes Lizcano, 2003)

**Comprobación de fatiga en la estructura.**

Se deberá realizar una comprobación de las deformaciones producidas por los esfuerzos obtenidos con resultados adecuados los cuales podrían depender del tránsito acumulado sobre la etapa de diseño, del riesgo permitido en esta fase, producto de la temperatura y de los datos de percepción de la conducta de capas de rodaduras del mismo modelo.

**Ajustes de los espesores de las capas.**

Reyes (2015) indica que los espesores tienen que ser adecuados para garantizar un correcto apoyo de las capas considerando las fisuras debido a que no pueden ser establecidas por el prototipo matemático y reducir el peligro de falla de la liga que se localicen entre las interfaces para disminuir la cantidad de capas en el diseño.

## 2.3. Definición de términos básicos

### 1.6.12. Tráfico.

Es el flujo de vehículos por la calzada de las vías y el tránsito de personas. (Cal y Mayor, 2016)

### 1.6.13. Tránsito.

Corresponde a la acción de transitar. Ir de un lugar a otro. (Cal y Mayor, 2016)

### 1.6.14. Ingeniería de tránsito.

Rama de la ingeniería que realiza análisis de las operaciones más minuciosas de los sistemas viales con el fin de estructurar los proyectos aptos, prácticos y mediatos para así mejorar la estabilidad, seguridad y movilidad de la circulación vehicular. (Cal y Mayor, 2016)

### 1.6.15. Método Mecanicista.

Según Menéndez José (2016) indica que el método mecanicista es un método empírico de diseño de pavimentos flexibles que utiliza modelos matemáticos ya que es más realista que otras metodologías empíricas tradicionales con la finalidad de obtener las tensiones que delimitan la vida útil de la estructura del pavimento mediante la presentación de los resultados que fueron alcanzados a través de modelos por el método de elementos finitos.

### 1.6.16. Pavimento.

Un pavimento es una estructura conformada por varias capas de distintos espesores superpuestas con el objeto de resistir las cargas cíclicas del tránsito en la capa de la superficie durante su vida útil permitiendo una circulación de condición de seguridad, confort y comodidad al usuario en cualquier situación climática. (NEVI-12, 2013)

### 1.6.17. TPDA.

Es el volumen de tráfico registrado a lo largo del año en una sección de un camino o vía también conocido como TMD (Tránsito Medio Diario Anual) el cual es requerido para los estudios viales. (Ogoño Aguinsaca & Orozco Calva, 2020)

### 1.6.18. Subrasante.

Es el suelo donde se colocarán todas las capas que conformaran la estructura de pavimento ya sea suelo de fundación o con material de préstamo seleccionado el mismo que deberá ser compactado a una densidad establecida para así dar apoyo a las diferentes cargas de tránsito que serán transmitidas desde la capa de rodadura. (AASHTO, 1993)

# CAPÍTULO III

# Marco Metodológico

## 3.1. Tipo de Investigación

Este proyecto de investigación tiene como objetivo realizar un diseño de pavimentos flexible que se manifiesta a partir de métodos convencionales ya que no consideran el posible comportamiento de los distintos materiales granulares, asfalticos y/o cementicos del sector del proyecto. Conforme lo expuesto, según el propósito la investigación es aplicada y por el tipo de datos usados es cuantitativa ya que se utilizarán fórmulas matemáticas, información de datos estadísticos, proyecciones algebraicas y cuantificación de materiales y con todas estas variables así poder establecer los distintos espesores que formarán el paquete estructural.

### 1.6.19. Nivel de Investigación.

Nuestro nivel de investigación será el descriptivo debido a que evaluaremos el comportamiento de las diferentes capas que conformarán el paquete estructural del diseño de pavimento flexible planteado en este proyecto de tesis.

## 3.2. Población, Muestra y Muestreo

La población que consideraremos en este proyecto son las estructuras viales que presentan congestionamientos (similar a E25) de la provincia del Guayas, la muestra que tomaremos es una vía lateral en el Cantón Alfredo Baquerizo Moreno (Jujan) y el tipo será no probabilístico por cuotas ya que se pretende medir el tránsito actual que circula por la vía clasificando los vehículos en livianos buses y pesados.

## 3.3. Métodos, Técnicas e Instrumentos

Debido a que tomaremos datos de campo como estudios de suelos podemos decir que el método a utilizar es el deductivo. La técnica que usaremos será la observación directa ya que nos servirá para realizar conteos vehiculares de sitio mediante cámaras de videos y los instrumentos a utilizar serán los estudios de suelos realizados en campo y los registros del levantamiento del flujo vehicular.

### 1.6.20. Análisis de resultados del Tráfico.

Se realizó un conteo del flujo vehicular en la zona de estudio mediante el sistema de videos por cámaras digitales desde el lunes 10 de enero del 2022 hasta el domingo 16 de enero del 2022 desde las 00:00 hasta las 24:00 horas, además se consideró que por cada 3 motocicletas transitadas por la vía equivalen a 1 vehículo liviano según la norma. Considerando que el conteo del flujo vehicular en unos de los datos más importantes para el cálculo de los espesores de la estructura de pavimento se procedió a realizar los respectivos análisis.

**Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA)**

Es la unidad de medida que sirve para medir la cantidad de vehículos que transitan en una vía o una parte de ella y el cual se lo debe afectar por un factor de ajuste diario y mensual.

**CONTEO DE TRAFICO**

**VARIACION HORARIA DEL VOLUMEN DE TRANSITO**

| ESTACION 1: | | DIA CONTEO: MIERCOLES | FECHA: 12/1/2022 |
|---|---|---|---|
| DIRECCION: | | | |

| HORA | LIVIANOS | | BUSES | | CAMIONES | | | | | | | | TOTAL |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Automóvil | Camioneta | Buseta | Bus | C2P | C2G | C3 | C3-S1 | C2-S1 | C2-S2 | C3-S2 | C3-S3 | |
| 00h00 01h00 | | | | | | | | | | | | | 0 |
| 01h00 02h00 | | | | | | | | | | | | | 0 |
| 02h00 03h00 | | | | | | | | | | | | | 0 |
| 03h00 04h00 | | | | | | | | | | | | | 0 |
| 04h00 05h00 | | | | | | | | | | | | | 0 |
| 05h00 06h00 | | | | | | | | | | | | | 0 |
| 06h00 07h00 | | | | | | | | | | | | | 0 |
| 07h00 08h00 | | | | | | | | | | | | | 0 |
| 08h00 09h00 | | | | | | | | | | | | | 0 |
| 09h00 10h00 | | | | | | | | | | | | | 0 |
| 10h00 11h00 | | | | | | | | | | | | | 0 |
| 11h00 12h00 | | | | | | | | | | | | | 0 |
| 12h00 13h00 | | | | | | | | | | | | | 0 |
| 13h00 14h00 | | | | | | | | | | | | | 0 |
| 14h00 15h00 | | | | | | | | | | | | | 0 |
| 15h00 16h00 | | | | | | | | | | | | | 0 |
| 16h00 17h00 | | | | | | | | | | | | | 0 |
| 17h00 18h00 | | | | | | | | | | | | | 0 |
| 18h00 19h00 | | | | | | | | | | | | | 0 |
| 19h00 20h00 | | | | | | | | | | | | | 0 |
| 20h00 21h00 | | | | | | | | | | | | | 0 |
| 21h00 22h00 | | | | | | | | | | | | | 0 |
| 22h00 23h00 | | | | | | | | | | | | | 0 |
| 23h00 24h00 | | | | | | | | | | | | | 0 |
| Suman | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

**Ilustración 12.** Formato para el conteo de vehículos
Fuente: (Autores, 2022)

### Tráfico Promedio Diario Semanal (TPDS)

Es la relación entre de todos los vehículos transitados por la vía y el número de días correspondiente a una semana, es decir 7 como se muestra en la ecuación siguiente.

$$TPDS = \frac{5}{7}\sum\frac{Dn}{m} + \frac{2}{7}\sum\frac{De}{m}$$

**Ecuación 3.** Ecuación del TPDS
**Fuente:** (Montejo Fonseca, 2010)

En donde:

TPDS: Tránsito promedio diario semanal.

Dn: Días correspondientes de lunes a viernes.

De: Fines de semana (sábado y Domingo)

M: La cantidad de días en que se realizó el conteo, es decir los 7 primeros días.

### Factor de ajuste mensual (Fm)

Este factor de ajuste es un valor que lo provee el Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOP) de acuerdo con estudios de flujos vehiculares realizados como lo muestra la tabla No. 7

**Tabla 7.** Factor de ajuste mensual por provincias.

| Provincia | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Septiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Azuay | 1,0470 | 1,1122 | 1,0110 | 1,0203 | 1,0130 | 0,9863 | 0,9581 | 1,0062 | 0,9890 | 0,9491 | 1,0082 | 0,9314 |
| Bolívar | 1,0540 | 1,0514 | 1,0690 | 1,0537 | 0,9791 | 0,9928 | 0,9509 | 0,9689 | 0,9947 | 0,9509 | 1,0292 | 0,9300 |
| Cañar | 1,0203 | 1,1560 | 1,0714 | 1,0356 | 1,0469 | 0,9830 | 0,9442 | 0,9329 | 0,9614 | 0,9556 | 1,0041 | 0,9347 |
| Carchi | 0,8686 | 1,1116 | 0,9899 | 0,9860 | 1,0260 | 0,9768 | 0,9600 | 1,0696 | 1,0445 | 1,0654 | 0,9966 | 0,9522 |
| Chimborazo | 1,0620 | 1,1179 | 0,9999 | 1,0283 | 1,0695 | 0,9918 | 0,9430 | 1,0024 | 0,9702 | 0,9635 | 0,9920 | 0,8981 |
| Cotopaxi | 1,0606 | 1,.1419 | 1,0260 | 1,0505 | 1,0272 | 1,0053 | 0,9750 | 0,9551 | 0,9799 | 0,9285 | 0,9803 | 0,9122 |
| El Oro | 0,9961 | 1,1682 | 1,0413 | 0,9998 | 1,0134 | 0,9950 | 0,9678 | 0,9714 | 0,9999 | 0,9654 | 1,0045 | 0,9144 |
| Esmeraldas | 1,0559 | 1,1580 | 1,0886 | 1,0619 | 1,0366 | 1,0163 | 0,9398 | 0,9037 | 0,9788 | 0,9421 | 0,9889 | 0,8965 |
| Galápagos | 0,9547 | 1,1157 | 0,9821 | 0,8423 | 0,9765 | 1,2131 | 0,8931 | 0,8954 | 1,3885 | 0,9604 | 1,1761 | 0,8665 |
| Guayas | 1,0627 | 1,2339 | 1,1146 | 1,0647 | 1,0255 | 0,9984 | 0,9330 | 0,9345 | 0,9647 | 0,9298 | 0,9756 | 0,8647 |
| Imbabura | 1,0515 | 1,1084 | 0,9599 | 1,0110 | 1,0289 | 1,0076 | 0,9895 | 0,9895 | 0,9932 | 0,9868 | 0,9924 | 0,9071 |
| Loja | 0,9866 | 1,1261 | 1,0705 | 1,0504 | 1,0414 | 0,9992 | 0,9523 | 0,9325 | 0,9596 | 0,9356 | 1,0554 | 0,9343 |
| Los Ríos | 1,2600 | 1,2935 | 1,1865 | 1,0885 | 0,9718 | 0,9607 | 0,9612 | 0,9674 | 0,9622 | 0,9091 | 0,9422 | 0,8723 |
| Manabí | 1,0153 | 1,1726 | 1,0930 | 1,0518 | 1,0668 | 1,0078 | 0,9564 | 0,9479 | 0,9822 | 0,9194 | 0,9869 | 0,8716 |
| Morona Santiago | 1,0430 | 1,0519 | 0,9797 | 0,9759 | 0,9995 | 1,0009 | 0,9484 | 0,9941 | 1,0229 | 1,0655 | 1,0025 | 0,9332 |
| Napo | 1,0585 | 1,0440 | 0,9765 | 1,0265 | 0,9710 | 1,0029 | 0,9635 | 0,9819 | 0,9919 | 1,0182 | 1,0167 | 0,9597 |
| Orellana | 1,3053 | 0,9858 | 1,1007 | 0,9813 | 0,9404 | 0,9531 | 1,0412 | 1,0872 | 1,0122 | 1,0122 | 0,9005 | 0,8246 |
| Pastaza | 1,0578 | 1,1169 | 1,0128 | 1,0141 | 0,9714 | 1,0300 | 0,9689 | 0,9543 | 0,9827 | 0,9839 | 0,9865 | 0,9378 |
| Pichincha | 1,0359 | 1,1212 | 1,0024 | 1,0168 | 0,9949 | 0,9969 | 0,9820 | 1,0174 | 1,0006 | 0,9516 | 0,9959 | 0,9110 |
| Santa Elena | 0,9404 | 0,9637 | 0,9571 | 0,9748 | 1,0930 | 1,0822 | 0,9931 | 1,0026 | 1,1000 | 1,0257 | 1,0498 | 0,8707 |
| Santo Domingo de los Tsáchilas | 1,1134 | 1,2393 | 1,0854 | 1,0632 | 1,0223 | 0,9951 | 0,9555 | 0,9508 | 0,9517 | 0,9094 | 0,9415 | 0,8779 |
| Sucumbíos | 1,0512 | 1,1011 | 0,9894 | 1,0086 | 0,9737 | 1,0079 | 1,0187 | 1,0592 | 1,0014 | 0,9648 | 0,9393 | 0,9143 |
| Tungurahua | 1,0487 | 1,0856 | 0,9962 | 1,0328 | 0,9977 | 0,9986 | 0,9822 | 0,9926 | 1,0072 | 0,9653 | 0,9986 | 0,9144 |
| Zamora Chinchipe | 1,1591 | 1,1798 | 0,9950 | 1,0698 | 1,0006 | 0,9535 | 0,9434 | 1,0028 | 0,9641 | 0,9267 | 1,0338 | 0,8615 |
| Nacional | 1,0379 | 1,1567 | 1,0494 | 1,0366 | 1,0168 | 0,9975 | 0,9598 | 0,9726 | 0,9851 | 0,9465 | 0,9890 | 0,8965 |

**Fuente:** (MTOP, 2002)

### Factor de ajuste diario (Fd)

Este factor es el resultado de la relación entre el Tránsito Promedio Diario Semanal y el Tránsito Diario obtenidos del conteo de flujo vehicular y se lo expresa mediante la siguiente ecuación:

$$Fd = \frac{TPDS}{TD}$$

**Ecuación 4.** Factor de ajuste diario
**Fuente:** (Montejo Fonseca, 2010)

La Tabla No. 8 (Factor de ajuste diario) muestra el factor de ajuste diario del proyecto de los 7 días de la semana.

**Tabla 8.** Factor de ajuste diario

| DIAS DE LA SEMANA | TD (Veh/día) | FACTOR DIARIO Fd=(TPDS/TD) |
|---|---|---|
| LUNES | 23571 | 0,927 |
| MARTES | 22332 | 0,978 |
| MIÉRCOLES | 20379 | 1,072 |
| JUEVES | 23003 | 0,950 |
| VIERNES | 24279 | 0,900 |
| SÁBADO | 21321 | 1,025 |
| DOMINGO | 18044 | 1,211 |
| **Total** | **152929** | **1,00888** |

**Elaborado por:** Cristhian Juanazo y Freddy Saldivia

### Tráfico Futuro (Tf)

El tráfico futuro corresponde al volumen de flujo vehicular que se obtendrá para ciertos años de proyección como muestra la ecuación siguiente:

$$Tf = T_{asignado}(1+i)^n$$

**Ecuación 5.** Tráfico Futuro
**Fuente:** (Montejo Fonseca, 2010)

Donde:

Tf = Tráfico futuro.

T $_{asignado}$ = Tráfico asignado.

i = Tasa de crecimiento.

n = Años de proyección.

Se deberá considerar además el tráfico asignado (normalmente es el 25% del TPDA existente) más el tráfico desarrollado (normalmente el 5% del TPDA existente), la siguiente ecuación muestra el tráfico asignado:

$$T_{asignado} = TPDA_{existente} + TG + TD$$

**Ecuación 6.** Tráfico asignado.
**Fuente:** (Montejo Fonseca, 2010)

En donde:

TG = Es el tráfico generado normalmente es el 25% de TPDA existente.

TD = Es el tráfico desarrollado normalmente es el 5% de TPDA existente.

### Crecimiento Normal del Tráfico

Este tráfico se puede definir como la cantidad o flujo vehicular de una vía antes de su mejoramiento o aquel flujo que actualmente se encuentra en circulación de la vía nueva

que está al servicio de los usuarios. El crecimiento normal del tráfico considera dos volúmenes vehiculares muy importantes:

**El tráfico existente. -** Se lo obtiene mediante el sistema de conteo de flujo vehicular realizado en el sitio del proyecto siendo aquel volumen vehicular de la vía antes de su mejoramiento.

**El tráfico desviado. –** Corresponde aquel tráfico que es absorbido de otras vías o cualquier medio de transporte cercano al sitio del proyecto y que se encuentre en estado de servicio como justificativo de precio, duración y recorrido.

### 1.6.21. Método Racional Mecanicista.

El método racional mecanicista se sustenta en los principios de fatiga, el módulo resiliente y de elasticidad que son comportamientos de los materiales los cuales servirán para la respectiva evaluación de la subrasante. (Rondón & Reyes, 2015)

### 1.6.22. Variables para considerar en el Diseño de Pavimentos por el Método Racional Mecanicista.

**La Subrasante. –** Según Reyes (2015) sugiere que mediante la siguiente ecuación 2 (Caracterización de la subrasante) se evalué a la subrasante.

**El Tránsito. –** Se puede evaluar mediante el flujo vehicular en un periodo de diseño para un número de ejes equivalentes de 13 ton (28,66 kips = 127,49 kN). Un vehículo se considera como pesado cuando su carga útil no es menor que 50 kN (5 ton). (Rondón & Reyes, 2015)

**Clase de Tránsito. –** Para la caracterización de la clase de tránsito, se considerará solo el tránsito promedio diario (TPD) del carril más cargado de la vía de los vehículos pesados que circula en ambos sentidos. Si una vía es de 2 carriles (uno en cada sentido) y con un ancho menor a 6 metros incluyendo las bermas se obtendrá el TPDA de la siguiente manera:

- Para anchos menores a 5 m se considerará el 100% del tránsito total de la vía.

- Para anchos entre 5 y 6 m se considerará el 75% del tránsito total de la vía.

Cuando las calzadas se encuentran distanciadas se considerará el carril más cargado que es el generalmente el de flujo lento. Para el caso de no tener información sobre la distribución del flujo por carriles se establecerá así:

**Tabla 9.** Clase de Tránsito para Calzadas Separadas

| TIPO DE CALZADA | 4 CARRILES | 6 CARRILES |
|---|---|---|
| **CALZADA RURAL** | 90% de los vehículos pesados del carril considerado | 80% en la vía lenta |
| | 10% del carril más rápido | 20% de la vía media |
| | | 0% de la vía rápida |
| **PERIMETRO URBANO** | Se hará un estudio particular | 65% de la vía lenta |
| | | 30% de la vía media |
| | | 5% de la vía rápida |

**Fuente:** (Rondón & Reyes, 2015)

**Tránsito Equivalente. –** En el diseño de la estructura de pavimento, el tránsito se manifiesta mediante el número de ejes equivalentes del flujo de los vehículos pesados en la vida útil.

Se toma como referencia un eje simple con carga de 130 kN. Los ESAL´s dependerán de los valores del conteo de tránsito del año que está en servicio la vía, también de la rata (tasa de crecimiento) y del origen de las diferentes capas del paquete estructural. Se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$NE = N * CAM\ (factor\ camión)$$

**Ecuación 7.** Número de ejes equivalentes
**Fuente:** (Rondón & Reyes, 2015)

En donde NE representa el número de ejes equivalentes, N representa la cantidad acumulada de vehículos pesados para el ciclo de P años, CAM representa la agresividad media de los vehículos pesados en relación con el eje de referencia. (Rondón & Reyes, 2015). Para calcular N usaremos la siguiente ecuación:

$$N = 365 * MJA * C$$

**Ecuación 8.** Número acumulado de vehículos pesados
**Fuente:** (Rondón & Reyes, 2015)

En donde C es un factor acumulado de proyección en el periodo de diseño y MJA es el TPDA (Tránsito promedio diario anual) de los vehículos pesados.

Cuando se trate de *n* años con tasa de crecimiento geométrica constante *i* se obtendrá el valor de *C* con la siguiente ecuación:

$$C = \frac{[(1+i)^n - 1]}{i}$$

**Ecuación 9.** Factor de proyección acumulado
**Fuente:** (Rondón & Reyes, 2015)

**Tabla 10.** Clasificación del Tránsito a partir del Número Acumulado de Vehículos Pesados.

| Clasificación del Tránsito | Número Acumulados de Vehículos Pesados |
|---|---|
| T1 | Menor de 500 000 |
| T2 | Entre 500 000 y 1.500 000 |
| T3 | Entre 1.500 000 y 4.000 000 |
| T4 | Entre 4.000 000 y 10.000 000 |
| T5 | Más de 10.000 000 |

**Fuente:** (Rondón & Reyes, 2015)

**Valor del Coeficiente de Agresividad Media (CAM). –** Cuando un vehículo transita por una vía este transmite una carga a la estructura de pavimento produciendo deterioro por conducta de fatiga, el coeficiente de agresividad media (CAM) mide la agresividad de dicha conducta por fatiga la misma que está vinculada a las propiedades mecánicas de los materiales generando una afectación diferente según sea el vehículo que transite por la calzada de la carretera. (Rondón & Reyes, 2015)

Este coeficiente CAM se lo puede encontrar en tablas y también clasificando el tránsito de acuerdo con el número acumulado de vehículos de categoría pesada. La siguiente tabla muestra los valores del coeficiente CAM para todos los materiales con un bajo tránsito.

**Tabla 11.** Coeficiente De Agresividad Media Para Todos Los Materiales Y Tránsito Bajo.

| Tipo de tránsito | T1 | T2 | T3 | T4 |
|---|---|---|---|---|
| **Coeficiente de agresividad media CAM** | 0,40 | 0,50 | 0,70 | 0,80 |

**Fuente:** (Rondón & Reyes, 2015)

**Características Mecánicas de los Materiales. –** Reyes (2015) indica que se pueden obtener los esfuerzos y deformaciones de los materiales mediante sistemas informáticos los cuales asumen una conducta elástica lineal, dichos parámetros son el coeficiente de Poisson y el Módulo Resiliente. Las consideraciones que debe tener el Módulo Resiliente según el tipo de vía son la temperatura del sector y la velocidad de flujo libre de los vehículos que transitan por la vía. A continuación, se muestra una tabla con los diferentes módulos para los diferentes tipos de materiales granulares.

**Tabla 12.** Módulo para capas granulares no tratadas

| | | |
|---|---|---|
| **Pavimentos con bajo nivel de tráfico (T1 y T3)** | | |
| Base | E = 600 MPa | Autovías y Autopistas |
| | E = 400 MPa | Arterias principales |
| | E = 200 MPa | Vías locales |
| | E1 = K x E | |
| | Ei = K x E (i – 1) | |
| | K está en función del tipo de material | |
| Subbase | K = 3.00 | Autovías y Autopistas |
| | K = 2.50 | Arterias principales |
| | K = 2.00 | Vías locales |
| | E < 360 MPa | |
| **Pavimentos con alto nivel de tráfico (T4 y T5)** | | |
| Base | E = 600 MPa | Autovías y Autopistas |

| | | |
|---|---|---|
| | E = 400 MPa | Arterias principales |
| | E = 200 MPa | Vías locales |
| Subbase | E1 = K x E | Autovías y Autopistas |
| | Ei = K x E (i – 1) | Arterias principales |
| | E < 360 MPa | Vías locales |

**Fuente:** (Rondón & Reyes, 2015)

La siguiente tabla muestra los valores recomendados para módulos en capa de rodadura y bases asfálticas.

**Tabla 13.** Valores para módulos de capa de rodadura y base asfáltica

| | **Temperatura (°C)** | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Capa** | -10 | 0 | 10 | 15 | 20 | 30 | 40 |
| | **Módulo calculado en una frecuencia de carga de 10 Hz (Mpa)** | | | | | | |
| Rodadura | 14800 | 12000 | 7200 | 5400 | 3600 | 1300 | 1000 |
| Base asfáltica | 23000 | 18800 | 12300 | 9300 | 6300 | 2700 | 1000 |

**Fuente:** (Rondón & Reyes, 2015)

Se pueden estimar valores del Coeficiente de Poisson para objeto de diseño como se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 14.** Valores sugeridos para módulo de Poisson de capa de rodadura y base asfáltica

| **Material** | **Rango** | **Valor Estimado** |
|---|---|---|
| Concreto asfáltico | 0,35 – 0,40 | 0,35 |
| Base granular o subbase | 0,30 – 0,40 | 0,35 |
| Material granular tratado con cemento | 0,10 – 0,20 | 0,15 |
| Suelos finos mezclados con granulares | 0,30 – 0,50 | 0,40 |
| Arcilla común | 0,42 | 0,42 |

| | | |
|---|---|---|
| Material mejorado con cal | 0,10 – 0,25 | 0,20 |
| Hormigón, cemento | 0,12 – 0,20 | 0,15 |

**Fuente:** (Rondón & Reyes, 2015)

**La probabilidad de Falla ($Pf$). –** En la fase de evaluación de las variables a considerar en el diseño de pavimento flexible se deberá considerar el nivel de fallo que puede ocurrir, es por eso, por lo que se deberá considerar un factor de seguridad en el diseño. Cuando tenemos una probabilidad de falla menor al 50% se deberá considerar los siguientes factores de seguridad de diseño.

**Tabla 15.** Grados de Probabilidad de Falla recomendados

| Tránsito | $Pf$ (Para pavimentos flexibles) | Factor de seguridad (u) |
|---|---|---|
| T-1 | 50% | 0 |
| T-2 | 25% | -0,674 |
| T-3 | 12% | -1,1175 |
| T-4 | 5% | -1,645 |
| T-5 | 2% | -2,054 |

**Fuente:** (Rondón & Reyes, 2015)

**Las Tolerancias en las Deformaciones. –** Es importante contar con un software computacional que permita obtener las deformaciones, esfuerzos y el comportamiento de la estructura de pavimento ya que en ello se basan los diseños mecanicistas el mismo que deberá ser igual o inferior a las admisibilidades máximas permitidas para la capa de rodadura asfáltica, granulares asfálticas y la subrasante.

## Uso del software CEDEM

Existen una gran variedad de software para obtener dichos valores, en nuestro caso procederemos a obtenerlas mediante el software CEDEM que fue desarrollado por el ingeniero Jairo A Delgado E en la Universidad de los Andes Colombia en al año 2000 el cual obtiene las deformaciones y esfuerzos mediante el método de elementos finitos e iterando hasta cumplir con las admisibilidades permitidas, y como primer apunte se procede a ingresar la cantidad de capas que formaran el pavimento para nuestro caso serían 5; la capa asfáltica o de rodadura, la base, subbase, el mejoramiento y la subrasante. El segundo paso o apunte será ingresar el valor de la carga, el radio de la carga es 12,5 cm, el espacio entre los ejes de las ruedas es de 37,5 cm y la presión de contacto de las llantas y el pavimento es de 0,662 MPa todos estos valores son predeterminados para el programa ya que con ellos fueron desarrollados. (Rondón & Reyes, 2015)

Una vez obtenido los valores de los cálculos, se procederá a verificar con los valores permitidos para un diseño optimo del pavimento durante el ciclo de su vida útil, tomando en consideración un procedimiento de ensayo y falla de error para los distintos espesores de las capas y así dimensionar todo el paquete estructural.

Para un pavimento de hormigón asfaltico los sistemas de falla a considerar son por fatiga y ahuellamiento, pues la falla por fatiga es contrastada por la deformación a tracción máxima $\varepsilon_t$ que será estudiada en su nervio inferior de la carpeta asfáltica y por otro lado el ahuellamiento será manipulada por la deformación vertical $\varepsilon_z$ causada en la capa de a subrasante para así obtener las siguientes ecuaciones:

$$\varepsilon_t = \varepsilon_6(10°C, 25Hz) * \left(\frac{NE}{10^6}\right)^6 * \sqrt{\frac{E(10°C)}{E(\theta_{eq})}} * k_c k_r k_s$$

**Ecuación 10.** Deformación por tracción
**Fuente:** (Rondón & Reyes, 2015)

$$\varepsilon_z = 0{,}016 * (NE)^{-0{,}222}$$

**Ecuación 11.** Deformación vertical en la subrasante para T1 y T2
**Fuente:** (Rondón & Reyes, 2015)

$$\varepsilon_z = 0{,}012 * (NE)^{-0{,}222}$$

**Ecuación 12.** Deformación vertical en la subrasante para T4 y T5
**Fuente:** (Rondón & Reyes, 2015)

Donde,

$\varepsilon_6$ = Deformación a 1 millón de solicitaciones con la mitad de la carga a una temperatura de 10° Celsius y frecuencia de 25 Hz.

NE = Cantidad de ejes equivalentes.

E = Módulo elástico.

$k_c$ = Coeficiente de ajuste de calibración.

$k_r$ = Coeficiente por ajuste de riesgo.

$k_s$ = Coeficiente por ajuste de la subrasante.

$\theta_{eq}$ = Valor de la temperatura de diseño.

Los valores de $k_c$ pueden variar dependiendo, para las capas de rodadura y bases asfálticas se utilizará un valor de 1,1 y para materiales estabilizados con cemento

portland $k_c$ esta entre 1,4 y 1,5, mientras que el valor de $k_s$ considera la resistencia a la fatiga o agotamiento y así dependerá de la rigidez de la capa de apoyo, esto quiere decir que a mayor rigidez menor se deformará a tracción y por consecuente le será más difícil agrietarse y sus valores estarán sujetos a estas circunstancias, para módulos de resiliente de la subrasante de 20 y 50 MPa el $k_s$ será 1/1,2 y si dicho módulo esta entre 50 y 120 MPa $k_s$ será 1/1,3 y si es mayor a 120 MPa será igual a 1. (Rondón & Reyes, 2015)

Por otro lado $k_r$ es el coeficiente que se adapta al número permitido a la deformación de riesgo encontrado anteriormente y está relacionado con los factores de dispersión sobre el espesor y resultados de los ensayos de fatiga como se muestra en la ecuación siguiente:

$$k_r = 10^{-ub\delta}$$

**Ecuación 13.** Coeficiente $kr$
**Fuente:** (Rondón & Reyes, 2015)

Donde *u* es un valor variado correlacionada al riesgo en la Tabla 11 (Grados de Probabilidad de Falla recomendados), el valor de b es el valor de la pendiente de la ley de fatiga del material y $\delta$ es la desviación estándar manifestada por esta ecuación:

$$\delta = \sqrt{S_N^2 + S_H^2 * \left(\frac{0{,}02}{b}\right)^2}$$

**Ecuación 14.** Desviación estándar
**Fuente:** (Rondón & Reyes, 2015)

La desviación estándar del principio por fatiga del material esta expresada por $S_N$ en logaritmo decimal del número de fases y $S_H$ es la desviación estándar de los espesores del material colocados en el sitio. Comúnmente se suele despreciar el valor de la ley por fatiga en temperaturas promedios de 10° C y 25 Hz de frecuencia. (Rondón & Reyes, 2015)

**Las Capas Granulares. –** Se puede considerar una capa granular no tratada y un espesor reducido de capa de rodadura sobre la granular siempre y cuando se tenga un tránsito cumulado inferior a 250 000 ejes estándar aplicando el correspondiente procedimiento de obtención para dicho material de la capa.

**Las Capas Asfálticas Gruesas. –** Los prototipos de 2 capas admiten disponer de la preferencia de alteración que la importancia del espesor, radio de carga y el vínculo del módulo y las capas, esta metodología comprende los dimensionamientos del pavimento flexible y bituminoso de gran espesor, en donde la estructura del pavimento está interpretada por un patrón de multicapas las mismas que se encuentran ligadas entre ellas. Reyes (2015) plantea la siguiente teoría para este modelo:

- Todas las capas se emplean como un cuerpo elástico.
- Se puede utilizar para las situaciones donde existen un sistema compuesto de capas.
- Se pueden analizar 2 casos, cuando las interfaces entre las distintas capas están unidas o separadas.

**Calzadas con Bajo Tránsito. –** Son calzadas con un espesor reducido en la capa de rodadura y se encuentra encima de una capa de grava que no está tratada y cuyo tránsito no es mayor a 250 000 ejes estándar. Se puede hacer un tratamiento superficial siempre

y cuando la capa de rodadura tenga un tránsito menor a 100 000 se optará por un espesor mínimo de 40 milímetros y la capa de base no tratada con un espesor mínimo de 150 milímetros y este de definirá acorde el ahuellamiento del suelo de apoyo.

**Calzadas Flexibles o Bituminosas con gran espesor. –** Cuando se trate de calzadas donde la subrasante sea de grava no tratada se podrá definir el espesor de la capa mediante la importancia de la plataforma en el suelo de la subrasante, mediante la verificación de la rotura por fatiga en la base de la capa bituminosa. Se tendrá que verificar que las deformaciones $\varepsilon_t$ $\varepsilon_z$ estén por debajo del valor permitido.

La deformación permitida $\varepsilon_t$ se la puede obtener con la siguiente expresión:

$$\varepsilon_{t,admisible} = \varepsilon\left(NE, \theta_{eq}, f\right) * \ k_c k_r k_s$$

**Ecuación 15.** Deformación admisible
**Fuente:** (Rondón & Reyes, 2015)

$\varepsilon\left(NE, \theta_{eq}, f\right)$ es la deformación por la cual la rotura por flexión se logra al terminar de los NE fases con la mitad de posibilidad de falla a la temperatura y frecuencia exigida a la capa a examinar.

## 3.4. Plan de procesamiento y análisis

El procesamiento de los datos se lo realizó mediante el sistema de conteo manual de vehículos transitados por el sistema de videos de cámaras con 24 horas de duración desde el lunes 10 de enero del 2022 hasta el domingo 16 de enero del 2022.

Para el análisis de la información se continuo con la obtención del Transito promedio Diario Anual (TPDA) calculado en hoja electrónica en Microsoft Excel que se encuentran anexados al presente proyecto de tesis.

Posteriormente se procederá a ingresar las variables de diseño al software CEDEM y así obtener los distintos espesores que formaran el paquete estructural con sus espesores.

# Capítulo IV

# Desarrollo

## 4.1 Diseño de la Estructura del Pavimento mediante el Método Racional Mecanicista

### 1.6.23. Tránsito Promedio de Vehículos Pesados Diario Anual.

Una vez terminado el conteo de vehículos se procede a determinar el cálculo de tráfico de los vehículos pesados mayores a 5 toneladas de peso.

**Tabla 16.** Tránsito pesado diario anual

| Vehículos pesados | TPDA |
|---|---|
| **Buses** | 1463 |
| **Pesados** | 9117 |
| **Total** | 10580 |

**Elaborado por:** Cristhian Juanazo y Freddy Saldivia

### 1.6.24. Número Acumulado de Vehículos Pesados.

Las variables de cálculo para establecer este factor, a través de la ecuación 9, fueron los siguientes: tráfico promedio diario (MJA) correspondiente a 10580 vehículos/días y el valor acumulado en el periodo de diseño a 20 años conseguido mediante la ecuación 17.

$$GF = \frac{(1 + 1{,}84/100)^{20} - 1}{1{,}84/100} = 23{,}91$$

**Ecuación 16.** Factor de crecimiento
**Elaborado por:** Cristhian Juanazo y Freddy Saldivia

Entonces obtenemos que N es igual a;

$$N = 365 * 10580 * 23{,}91 = \ 92.333.247\ Vehículos\ Pesados$$

### 1.6.25. Clasificación del Tránsito.

Una vez se obtiene el número acumulado de vehículos pesados se determina la clasificación de tránsito la cual es del tipo T5 ya que es mayor a 20.000 000,00 de vehículos pesados acumulados como se muestra en la Tabla #10 (Clasificación del Tránsito a partir del Número Acumulado de Vehículos Pesados).

### 1.6.26. Cálculo de NE.

Esta variable se determina a través del CAM de acuerdo con la clasificación de tránsito obtenida y el número acumulado de vehículos pesados, tomando en cuenta los valores de la Tabla #11 (Coeficiente De Agresividad Media Para Todos Los Materiales Y Tránsito Bajo*)* resultó un valor de 0,8.

$$NE = 92.333.247 * 0{,}8 = 73.866.597{,}60$$

Ejes equivalentes de vehículos pesados.

### 1.6.27. Riesgo.

Mediante el tipo de tráfico se obtiene el valor del riesgo, a través de la Tabla 15 (Grados de Probabilidad de Falla recomendados*)* se obtuvo el resultado de 2%.

### 1.6.28. Fatiga.

Este factor se determina al cargar sobre la probeta $1 * 10^6$ ciclos a una temperatura de 10°C con una frecuencia de 10 Hz admitiendo el valor de $150 * 10^6$ para la capa de rodadura y $90 * 10^6$ para la base asfáltica, como se demuestra en la siguiente tabla.

**Tabla 17.** Características de los materiales bituminosos en fatiga

| Mezcla Asfáltica | Pendiente de la ley normal de fatiga (-1/b) | SN | Deformación al millón de repeticiones | Coeficiente de ajuste Kc |
|---|---|---|---|---|
| BBSG (Carpeta Asfáltica) | 5 | 0,25 | 100 | 1,1 |
| Grava asfáltica GB1 | 5 | 0,40 | 70 | 1,3 |
| Grava asfáltica GB2 | 5 | 0,30 | 80 | 1,3 |
| Grava asfáltica GB3 | 5 | 0,30 | 90 | 1,3 |
| Mezcla asfáltica de alto módulo EME1 | 5 | 0,30 | 100 | 1,0 |
| Mezcla asfáltica de alto módulo EME2 | 5 | 0,25 | 130 | 1,0 |
| Carpeta Asfáltica - Francia | 5 | 0,25 | 150 | 1,1 |

**Fuente:** (Rondón & Reyes, 2015)

**Tabla 18.** Valores recomendados para el parámetro Sh (dispersión del espesor del pavimento)

| h (m) | Sh (m) |
|---|---|
| menor o igual a 0,10 | 0,010 |
| mayor o igual a 0,15 | 0,025 |
| está entre 0,10 y 0,15 | 0,01+0,3(h-0,1) |

**Fuente:** (Rondón & Reyes, 2015)

## 1.6.29. Deformaciones Admisibles.

Los cálculos de las deformaciones admisibles se determinaron por medio de la ecuación 12 (deformación vertical en la subrasante para T4 y T5) para la subrasante, base, y carpeta asfáltica respectivamente como se muestra a continuación:

**Admisibilidad de la Subrasante:**

$$\varepsilon_z = 0{,}012 * 73.866.597{,}60^{-0{,}222} = 214{,}97 * 10^{-6}\ mm$$

**Admisibilidad de la Base Asfáltica GB3**

$\varepsilon_6(10℃, 25Hz) = 90 * 10^{-6}$ Según **Tabla 19.** Caracterización de materiales bituminosos.

Temperatura equivalente a 25°C y 10°C Según **Tabla 19.** Caracterización de materiales bituminosos.

**1,** $E\ (25℃) = 4500\ MPa\ para\ una\ GB\ 3$

**2.** $E\ (10℃) = 12300\ MPa\ para\ una\ GB\ 3$

**Tabla 19.** Caracterización de materiales bituminosos.

| Módulo de elasticidad E (ϴ °C, 10 Hz) MPa | | | | | | | E (15°C) | Relación de |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ϴ (°C) | -10 | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | MPa | Poisson v |
| Material de la Capa | | | | | | | | |
| BBSG | 14800 | 12000 | 7200 | 3600 | 1300 | 1000 | 5400 | 0,35 |
| Grava Asfáltica GB 1 | 18000 | 14000 | 9000 | 5000 | 2000 | 800 | 7000 | 0,35 |
| Grava Asfáltica GB 2 | 23000 | 18800 | 12300 | 6300 | 2700 | 1000 | 9300 | 0,35 |
| Grava Asfáltica GB 3 | 23000 | 18800 | 12300 | 6300 | 2700 | 1000 | 9300 | 0,35 |
| Mezcla Asfáltica de alto módulo EME 1 | 30000 | 24000 | 17000 | 11000 | 6000 | 3000 | 14000 | 0,35 |
| Mezcla Asfáltica de alto módulo EME 2 | 30000 | 24000 | 17000 | 11000 | 6000 | 3000 | 14000 | 0,35 |

**Fuente:** (Rondón & Reyes, 2015)

$K_S = \frac{1}{1{,}2}$ El Módulo Resiliente de la subrasante está entre 20 y 50 Mpa

$K_C = 1{,}3$ Según **Tabla 17.** Características de los materiales bituminosos en fatiga

$K_r = 10^{-(u*b*\delta)}$

b = - 0,2 Constante, u = - 2,054

Según **Tabla 20.** Factor de seguridad fractil.

**Tabla 20.** Factor de seguridad fractil.

| Tránsito | Probabilidad de falla en pavimentos flexibles (%) | Factor de seguridad, fractil (u) |
|---|---|---|
| T1 | 50 | 0 |
| T2 | 25 | -0,674 |
| T3 | 12 | -1,175 |
| T4 | 5 | -1,645 |
| T5 | 2 | -2,054 |

**Fuente:** (Rondón & Reyes, 2015)

SN = 0,30 Según **Tabla 17.** Características de los materiales bituminosos en fatiga

C = 0,02 Coeficiente constante que relaciona la parte aleatoria del espesor.

SH = 2,5 cm Según **Tabla 17.** Características de los materiales bituminosos en fatiga

**Tabla 21.** Características de los materiales bituminosos en fatiga.

| Capa de material | Deformación al millón de repeticiones $\varepsilon_6$ (10℃,25Hz) x $10^{-6}$ | Pendiente de la Ley de la Fatiga -1/b | SN | Coeficiente de Dispersión del espesor Sh | Coeficiente de ajuste $K_c$ |
|---|---|---|---|---|---|
| BBSG | 100 | 5 | 0,25 | (3) | 1,1 |
| Grava Asfáltica GB 1 | 70 | 5 | 0,40 | (3) | 1,3 |
| Grava Asfáltica GB 2 | 80 | 5 | 0,30 | (3) | 1,3 |
| Grava Asfáltica GB 3 | 90 | 5 | 0,30 | (3) | 1,3 |
| Mezcla Asfáltica de alto módulo EME 1 | 100 | 5 | 0,30 | (3) | 1,0 |
| Mezcla Asfáltica de alto módulo EME 2 | 130 | 5 | 0,25 | (3) | 1,0 |

**Fuente:** (Rondón & Reyes, 2015)

(3) Sh depende del espesor puesto en obra:

Sh = 0,010 m si h ≤ 0,10 m

Sh = 0,025 m si h ≥ 0,15 m

Sh = 0,01 + 0,3(h-0,10) si 0,10 m ≤ h ≤ 0,15 m

$$\delta = \sqrt{(0{,}30)^2 + \left(0{,}02 * \frac{2{,}5}{-0{,}2}\right)^2} = 0{,}391$$

$$K_r = 10^{-((-2{,}054)*(-0{,}2)*(0{,}391))} = 0{,}691$$

$$\varepsilon_{t_{base\ asfáltica}} = 90 * 10^{-6} * \left(\frac{73.866.597{,}60}{10^6}\right)^{-0{,}2} * \sqrt{\frac{12300}{4500}} * 1{,}3 * 0{,}691 * 0{,}83$$

$$= 47{,}124 * 10^{-6}\ mm$$

**Carpeta Asfáltica**

$\varepsilon_6(10℃, 25Hz) = 150 * 10^{-6}$ Según **Tabla 19.** Caracterización de materiales bituminosos.

Temperatura equivalente a 25°C y 10°C según **Tabla 19.** Caracterización de materiales bituminosos.

**3.** $E\ (25℃) = 2450\ MPa\ para\ una\ BBSG$

**4.** $E\ (10℃) = 7200\ MPa\ para\ una\ BBSG$

$K_S = \frac{1}{1{,}2}$ El Módulo Resiliente de la sub-rasante está entre 20 y 50 Mpa

$K_{C1} = 1{,}1$ Según la **Tabla 17.** Características de los materiales bituminosos en fatiga

$K_r = 10^{-(u*b*\delta)}$

b = - 0,2 Constante

u = - 2,054 Según **Tabla 20.** Factor de seguridad fractil.

SN = 0,25 Según **Tabla 17.** Características de los materiales bituminosos en fatiga

C = 0,02 Coeficiente constante que relaciona la parte aleatoria del espesor.

SH = 2,5 Según **Tabla 21.** Características de los materiales bituminosos en fatiga.

$$\delta = \sqrt{(0{,}25)^2 + \left(0{,}02 * \frac{2{,}5}{-0{,}2}\right)^2} = 0{,}354$$

$$K_{r1} = 10^{-((-2{,}054)*(-0{,}2)*(0{,}354))} = 0{,}716$$

$$\varepsilon_{t_{carpeta\ asfáltica}} = 150 * 10^{-6} * \left(\frac{73.866.597{,}60}{10^6}\right)^{-0{,}2} * \sqrt{\frac{7200}{2450}} * 1{,}1 * 0{,}716 * 0{,}83$$

$$= 71{,}36 * 10^{-6}\, mm$$

## 1.6.30. Utilización del Software CEDEM.

### Diseño considerando materiales granulares

**Paso 1.-** Ingresar espesores aleatorios y permitidos mínimos para el diseño racional y el número de capas necesarias en el Software.

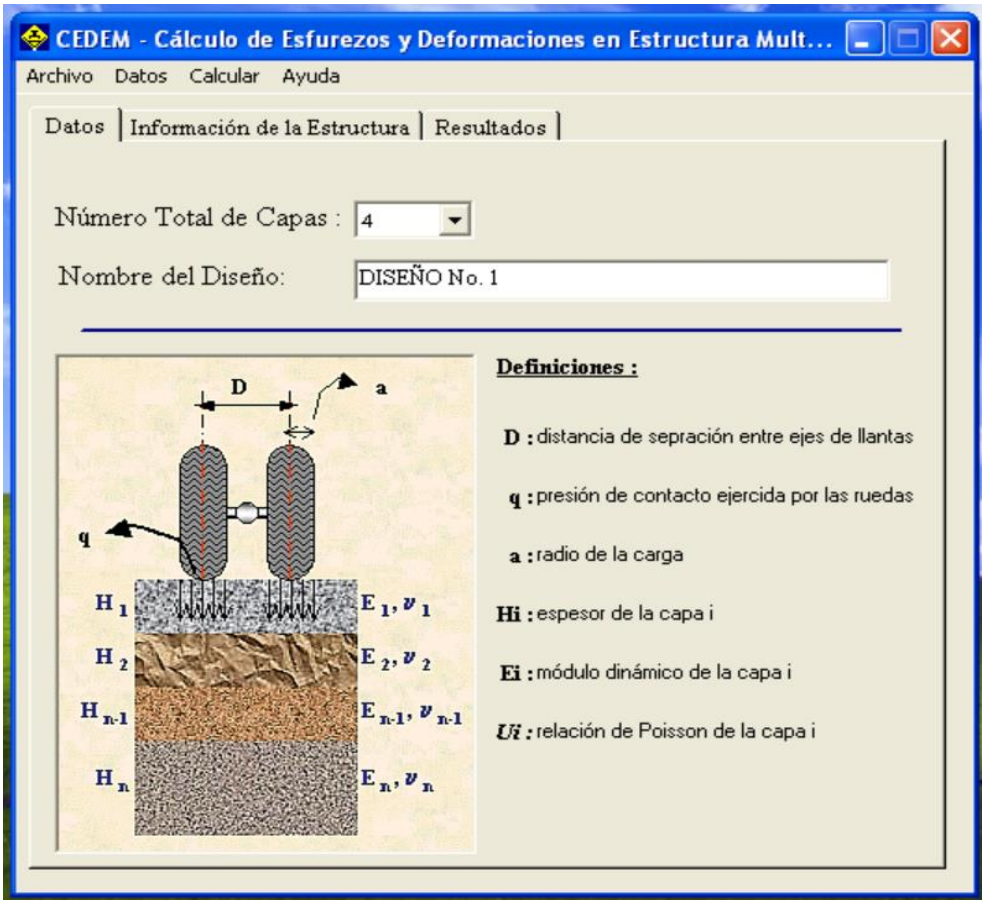



**Ilustración 13.** Espesores recomendados considerando materiales granulares.
**Elaborado por:** Cristhian Juanazo y Freddy Saldivia

**Paso 2.-** Procedemos a ingresar los datos de la información de la estructura, como son radio de carga, presión de contacto y distancia entre ejes de llantas (datos por defecto del programa).

**Paso 3.-** Procedemos a ingresar en cada una de las capas las siguientes variables:

Módulo de elasticidad en (MPa)

Relación de Poisson (u)

Espesor de cada capa en metros (H)

Y si está ligada o no ligada, (para nuestro caso se considera que todas las capas están ligadas entre sí)

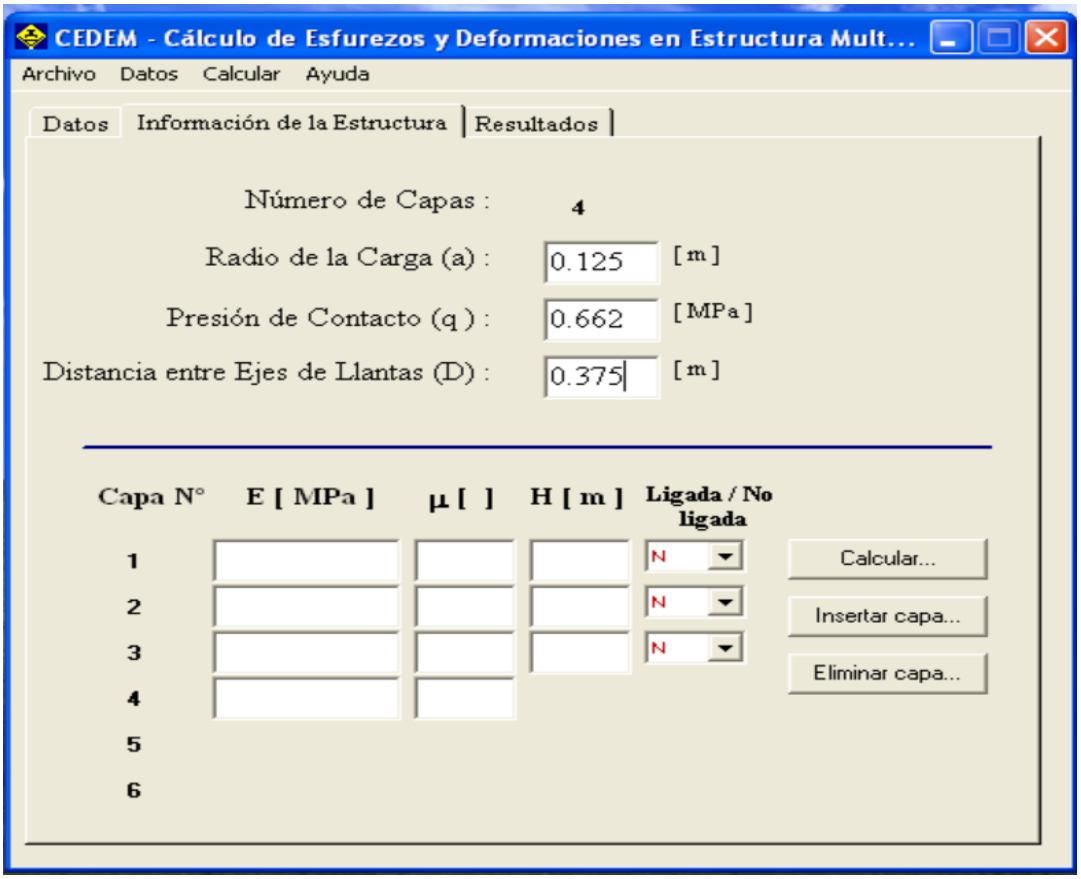



**Ilustración 14.** Información de la estructura.
**Elaborado por:** Cristhian Juanazo y Freddy Saldivia

# Modelados y diseños de espesores

**Diseño #1.- Materiales granulares.**

Capa 1. Sera la carpeta asfáltica de h mínimo = 15 cm.

Capa 2. Será la base granular h mínimo = 20 cm.

Capa 3. Será la Sub-base granular h mínimo = 30 cm.

Capa 4. Será el mejoramiento h mínimo = 45 cm.

Capa 5. Será la subrasante (CBR de diseño = 29,55 MPa redondeamos a 30 MPa)

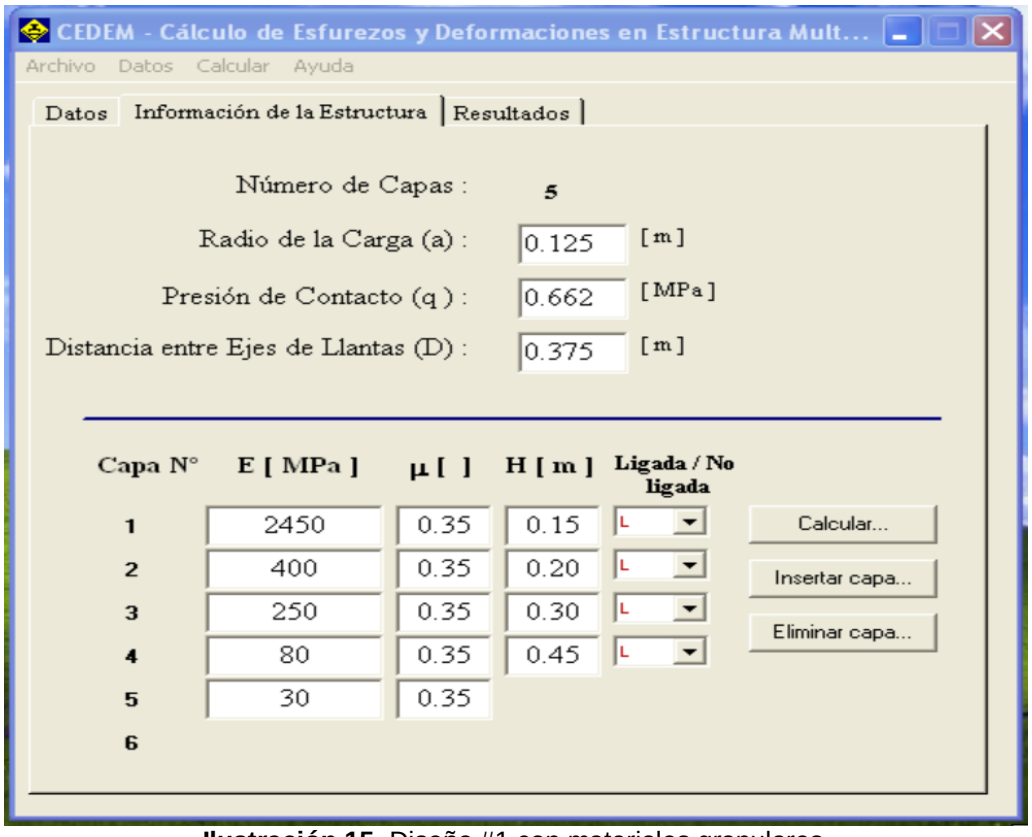



**Ilustración 15.** Diseño #1 con materiales granulares.
**Elaborado por:** Cristhian Juanazo y Freddy Saldivia

**Verificación.** Calculamos y verificamos los resultados de los materiales bituminosos y la subrasante.

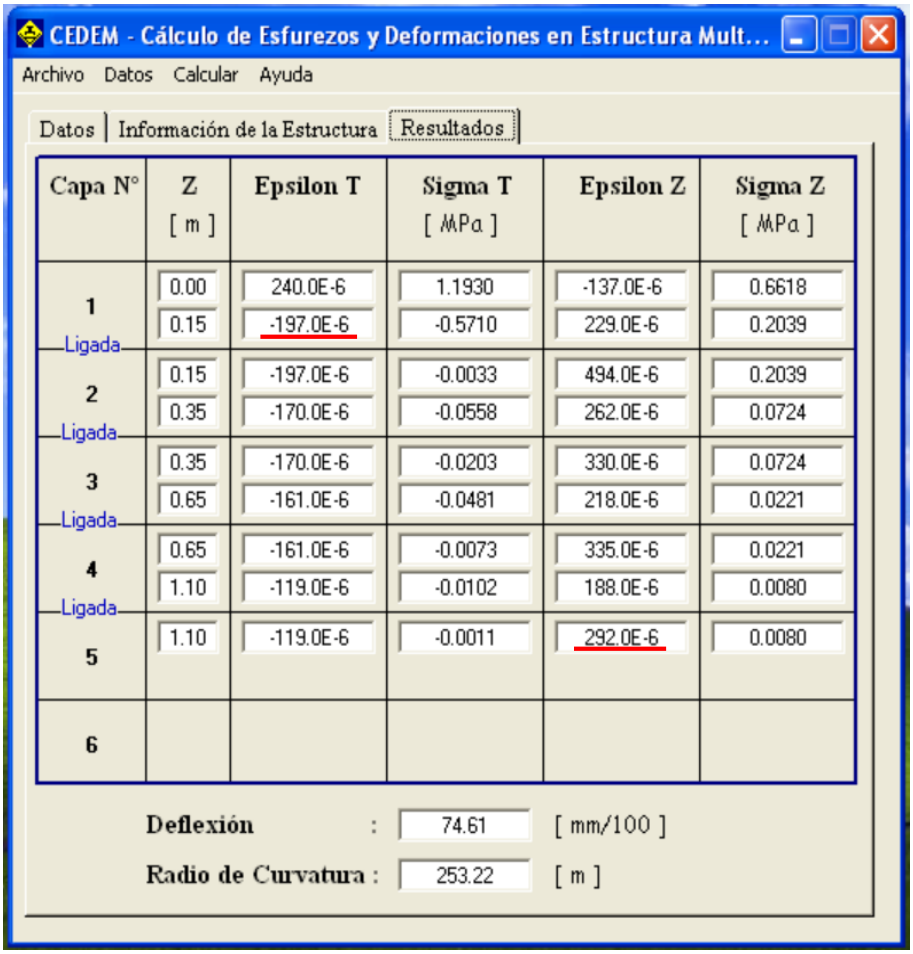



**Ilustración 16.** Resultados del diseño #1.
**Elaborado por:** Cristhian Juanazo y Freddy Saldivia

**Tabla 18.** Verificación de datos para aceptación del diseño

| # de Capa | Capa | Admisibilidad ($10^{-6}$) mm teórico | Admisibilidad ($10^{-6}$) mm por CEDEM | Estado |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Capa Asfáltica | 71,36 | 197,00 | No cumple |
| 2 | Base granular | x | x | |
| 3 | Sub-base granular | x | x | |
| 4 | Mejoramiento | x | x | |
| 5 | Subrasante | 214,97 | 292,06 | No cumple |

**Elaborado por:** Cristhian Juanazo y Freddy Saldivia

**Materiales Granulares.**

Capa 1. Sera la carpeta asfáltica h mínimo = 18 cm.

Capa 2. Sera la base granular h mínimo = 25 cm.

Capa 3. Sera la Sub-base granular h mínimo = 35 cm.

Capa 4. Sera el mejoramiento h mínimo = 50 cm.

Capa 5. Será la subrasante (CBR DE DISEÑO = 29,55 redondeamos a 30 MPa)

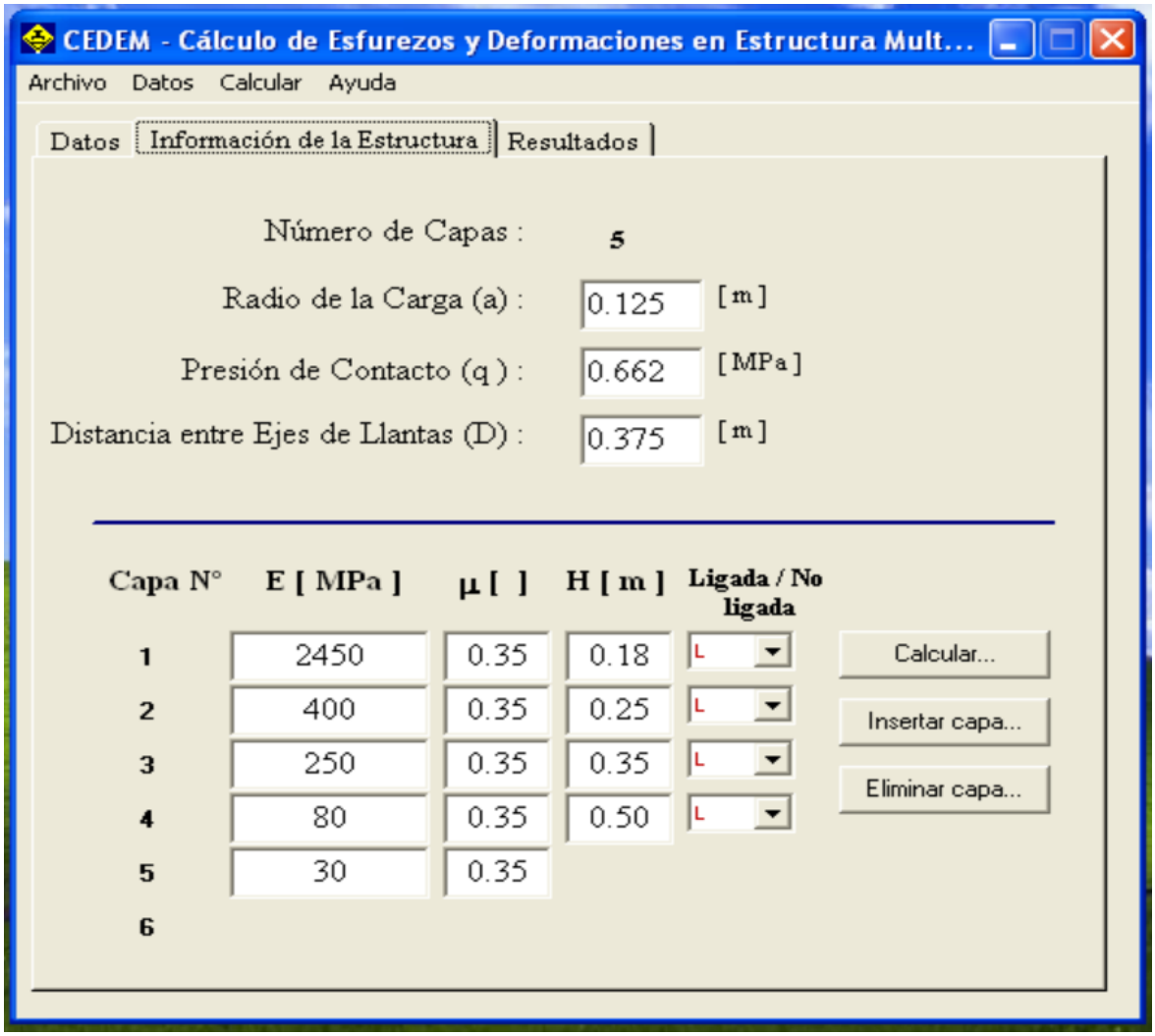



**Ilustración 17.** Diseño #2 con materiales granulares.
**Elaborado por:** Cristhian Juanazo y Freddy Saldivia

**Verificación.** Calculamos y verificamos los resultados de los materiales bituminosos y la subrasante.

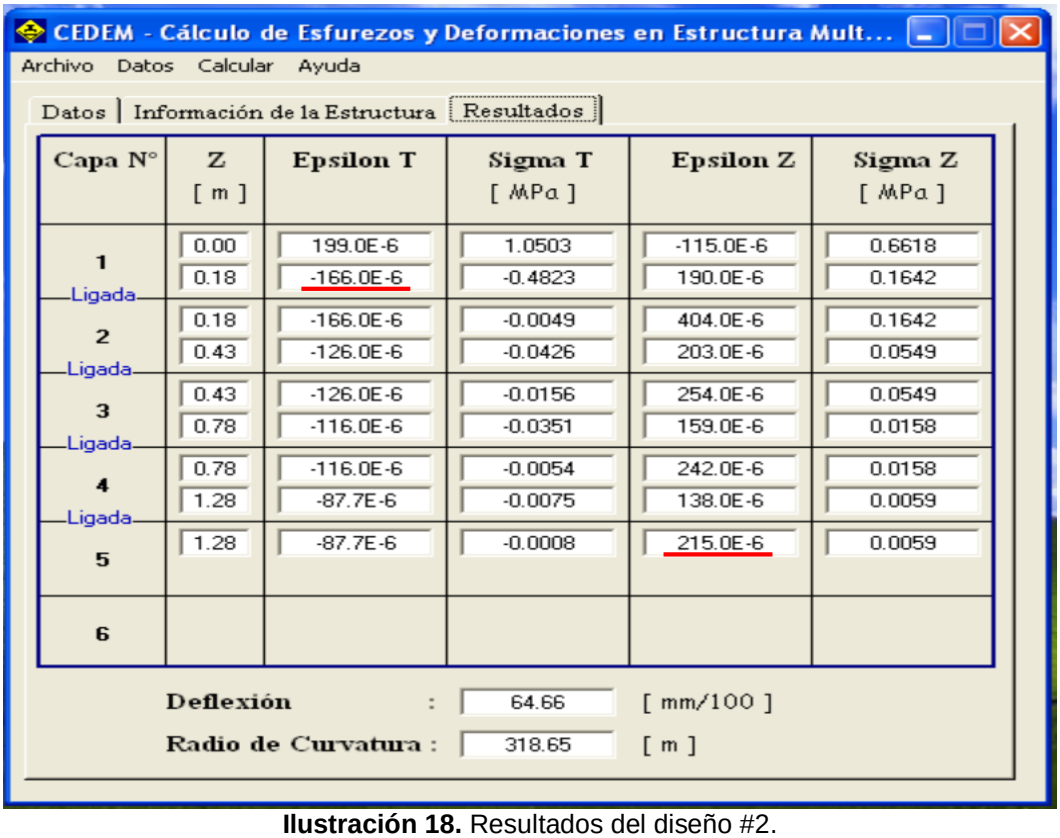



**Ilustración 18.** Resultados del diseño #2.
**Elaborado por:** Cristhian Juanazo y Freddy Saldivia

**Tabla 19.** Verificación de datos para aceptación del diseño #2

| # de Capa | Capa | Admisibilidad ($10^{-6}$) mm teórico | Admisibilidad ($10^{-6}$) mm por CEDEM | Estado |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Capa Asfáltica | 71,36 | 166 | No cumple |
| 2 | Base granular | x | x | |
| 3 | Sub-base granular | x | x | |
| 4 | Mejoramiento | x | x | |
| 5 | Subrasante | 214,97 | 215 | No cumple |

**Elaborado por:** Cristhian Juanazo y Freddy Saldivia

**Diseño #3.- Materiales granulares con base asfáltica.**

Capa 1. Sera la carpeta asfáltica h mínimo = 15 cm.

Capa 2. Sera la base asfáltica (GB2) h mínimo = 20 cm.

Capa 3. Sera el mejoramiento h mínimo = 35 cm.

Capa 4. Será la subrasante (CBR DE DISEÑO = 29,55 redondeamos a 30 MPa)

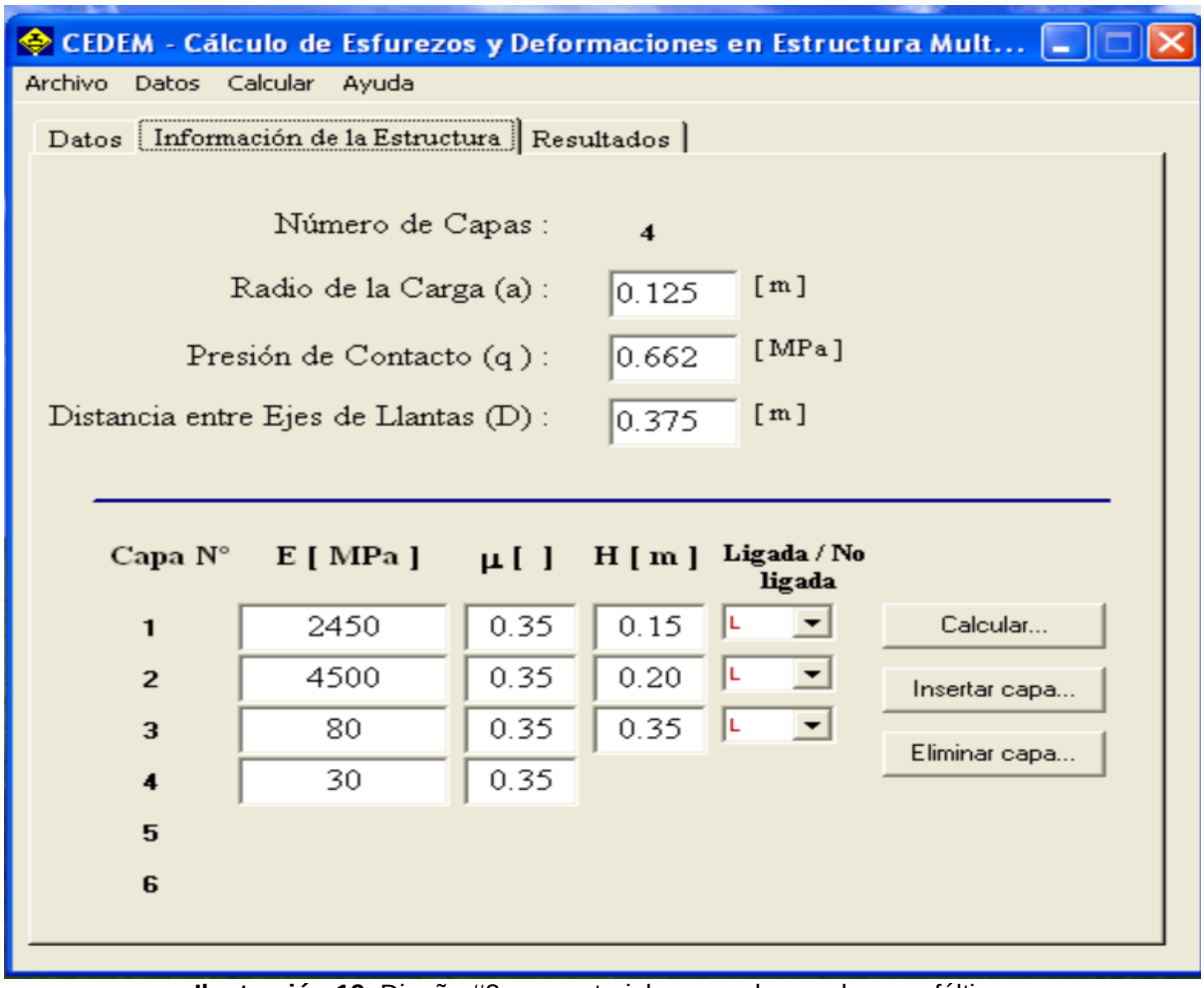



**Ilustración 19.** Diseño #3 con materiales granulares y base asfáltica.
**Elaborado por:** Cristhian Juanazo y Freddy Saldivia

**Verificación.** Calculamos y verificamos los resultados de los materiales bituminosos y la subrasante.

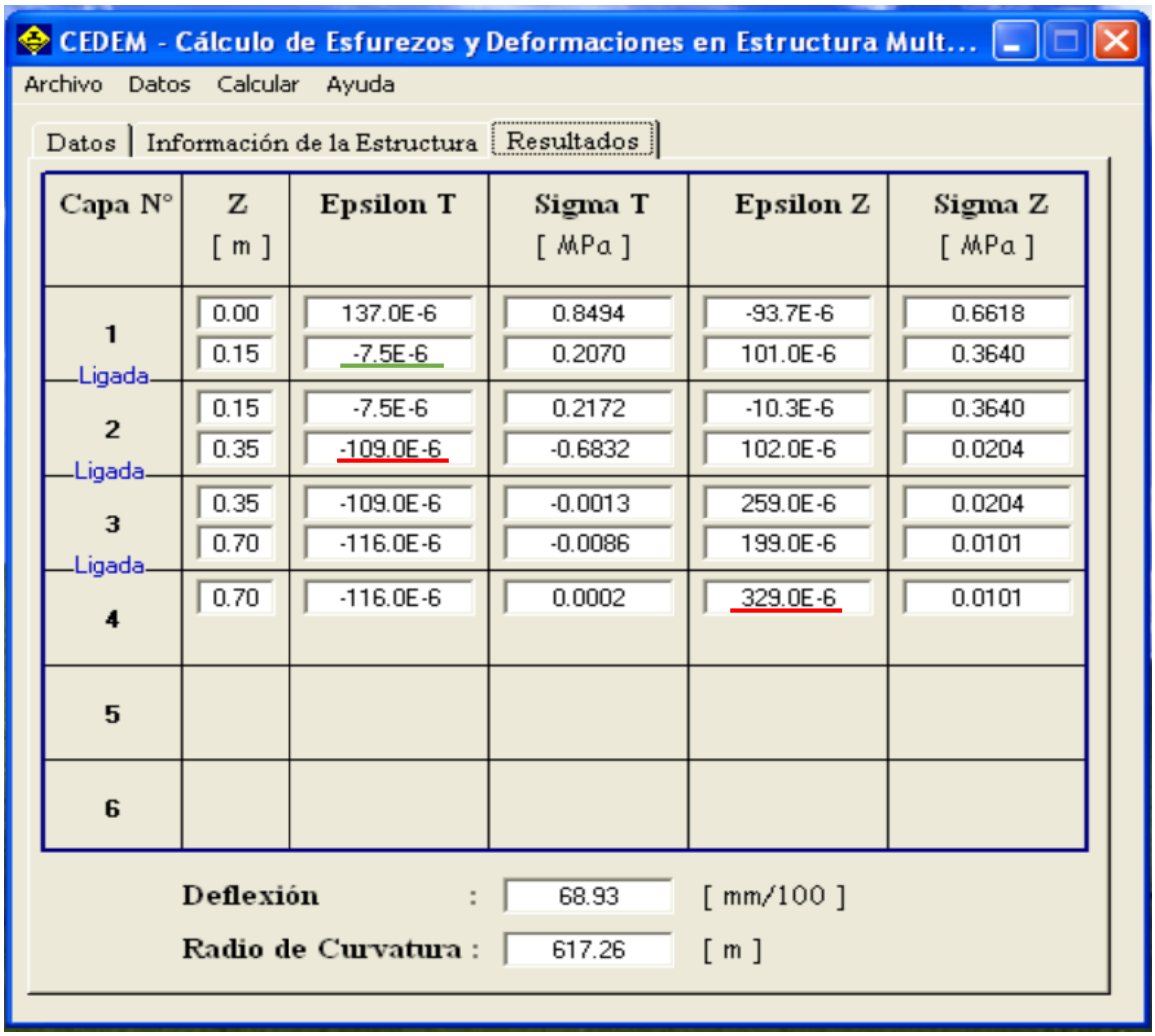



**Ilustración 20.** Resultados del diseño #3.
**Elaborado por:** Cristhian Juanazo y Freddy Saldivia

**Tabla 19.** Verificación de datos para aceptación del diseño #3

| # de Capa | Capa | Admisibilidad ($10^{-6}$) mm teórico | Admisibilidad ($10^{-6}$) mm por CEDEM | Estado |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Capa Asfáltica | 71,36 | 7 | Cumple |
| 2 | Base Asfáltica | 47,124 | 109 | No cumple |
| 3 | Mejoramiento | x | x | |
| 4 | Subrasante | 214,97 | 329 | No cumple |

**Elaborado por:** Cristhian Juanazo y Freddy Saldivia

**Diseño #4.- Materiales granulares con base asfáltica.**

Capa 1. Sera la carpeta asfáltica h mínimo = 7 cm.

Capa 2. Sera la base asfáltica (GB2) h mínimo = 35 cm.

Capa 3. Sera el mejoramiento h mínimo = 45 cm.

Capa 4. Será la subrasante (CBR DE DISEÑO = 29,55 redondeamos a 30 MPa)

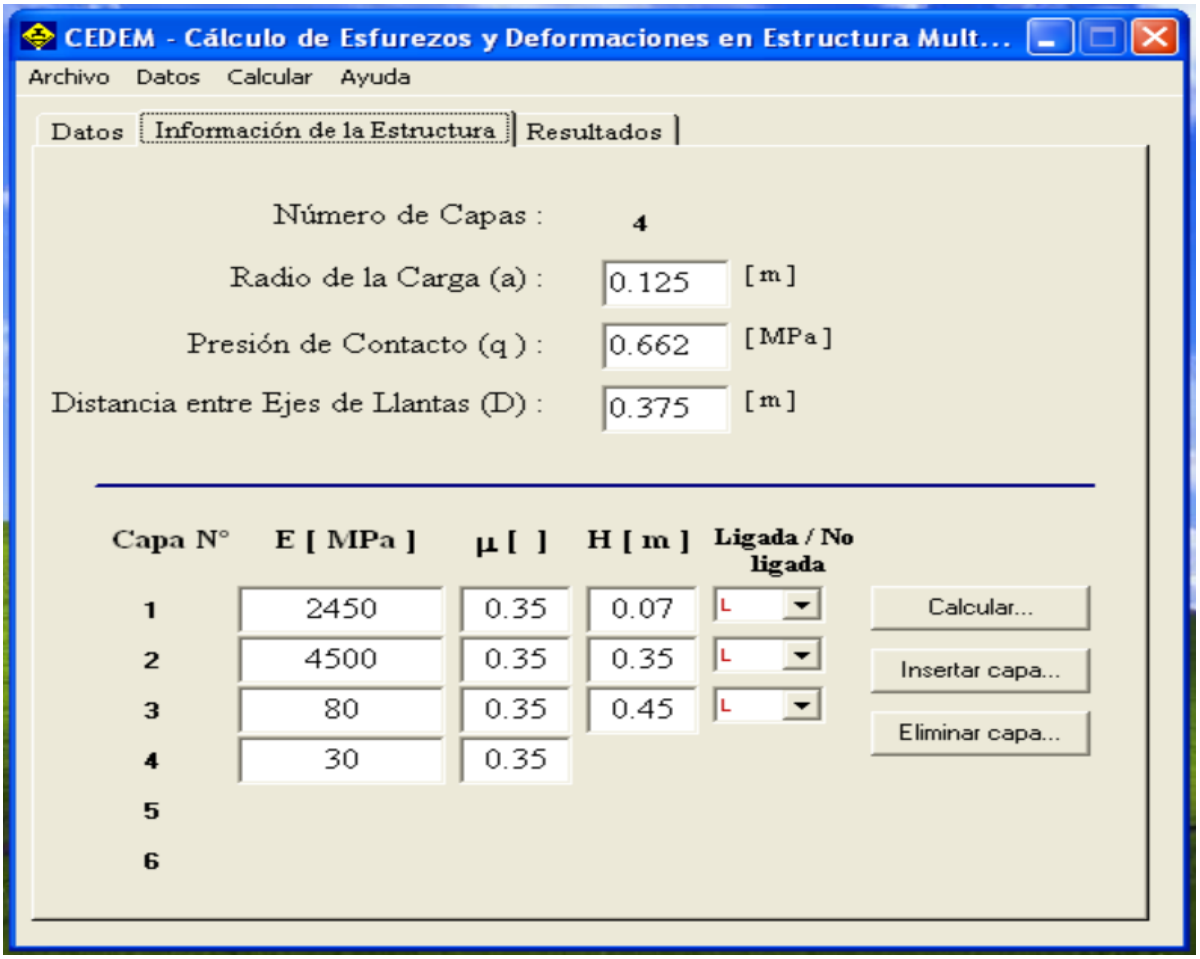



**Ilustración 21.** Diseño #4 con materiales granulares y base asfáltica.
**Elaborado por:** Cristhian Juanazo y Freddy Saldivia

**Verificación.** Calculamos y verificamos los resultados de los materiales bituminosos y la subrasante.

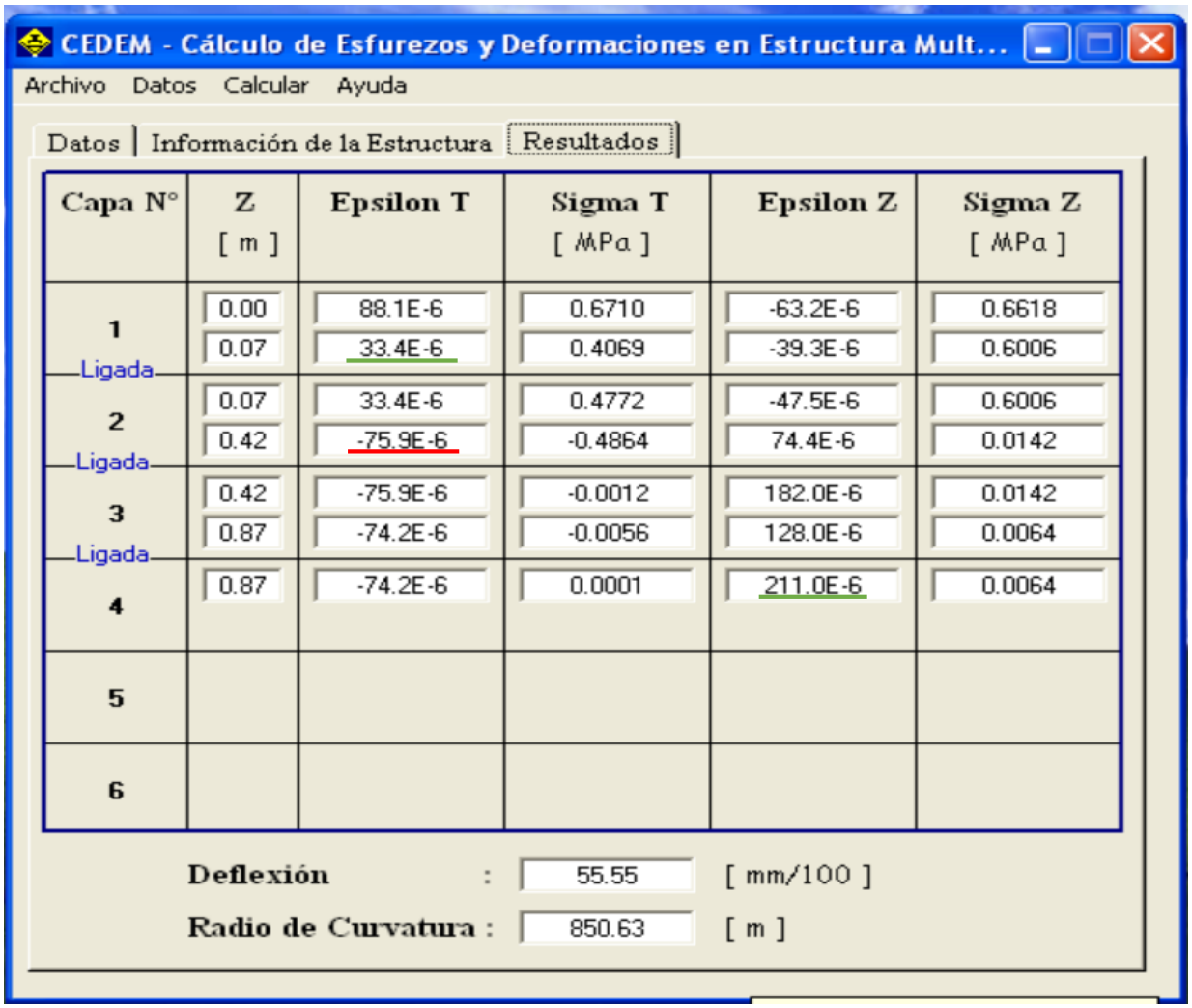



**Ilustración 22.** Resultados del diseño #4.
**Elaborado por:** Cristhian Juanazo y Freddy Saldivia

**Tabla 20.** Verificación de datos para aceptación del diseño #4

| # de Capa | Capa | Admisibilidad ($10^{-6}$) mm teórico | Admisibilidad ($10^{-6}$) mm por CEDEM | Estado |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Capa Asfáltica | 71,36 | 33,4 | Cumple |
| 2 | Base Asfáltica | 47,124 | 75,9 | No cumple |
| 3 | Mejoramiento | x | x | |
| 4 | Subrasante | 214,97 | 211 | Cumple |

**Elaborado por:** Cristhian Juanazo y Freddy Saldivia

**Diseño #5.- Materiales granulares con base asfáltica.**

Capa 1. Sera la carpeta asfáltica h mínimo = 17,50 cm.

Capa 2. Sera la base asfáltica (GB2) h mínimo = 35 cm.

Capa 3. Sera la Sub-base granular h mínimo = 35 cm.

Capa 4. Sera el mejoramiento h mínimo = 30 cm.

Capa 5. Será la subrasante (CBR DE DISEÑO = 29,55 redondeamos a 30 MPa)

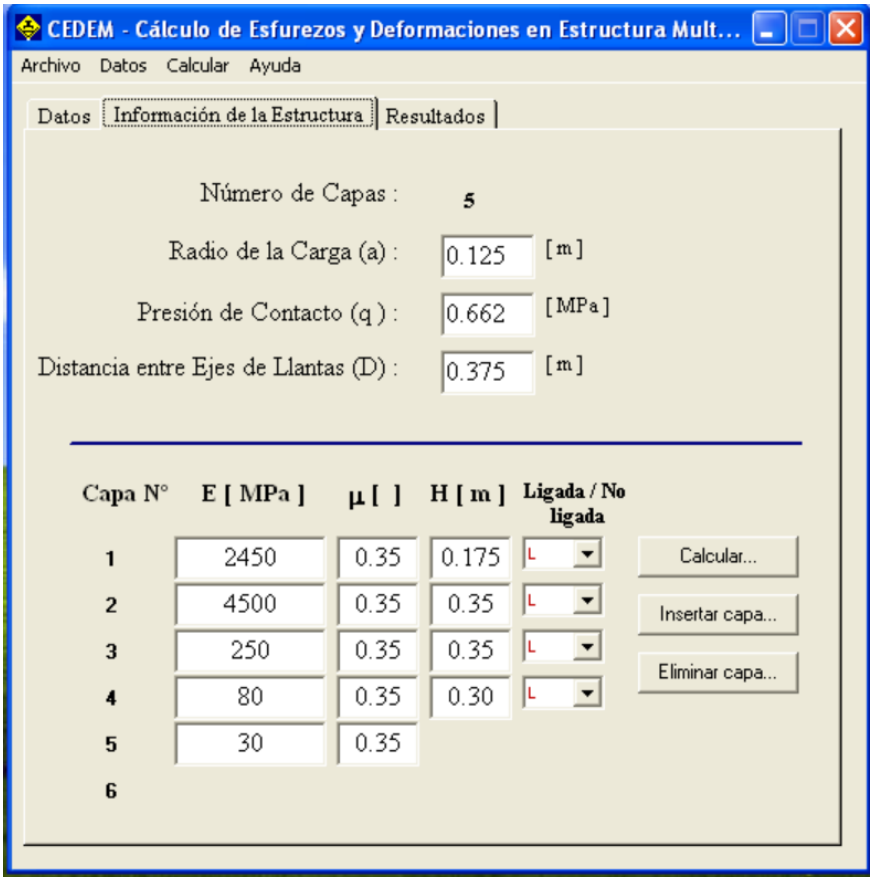



**Ilustración 23.** Diseño #5 con materiales granulares y base asfáltica.
**Elaborado por:** Cristhian Juanazo y Freddy Saldivia

**Verificación.** Calculamos y verificamos los resultados de los materiales bituminosos y la subrasante.

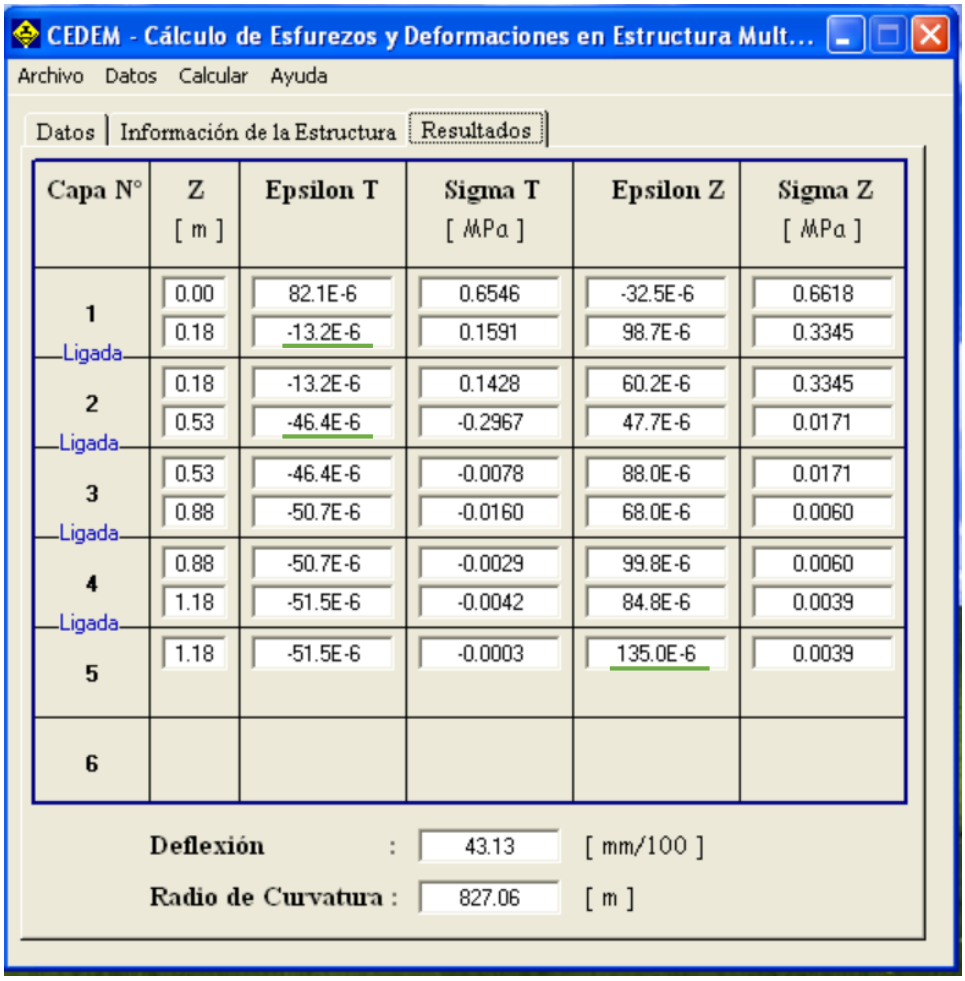



**Ilustración 24.** Resultados del diseño #5.
**Elaborado por:** Cristhian Juanazo y Freddy Saldivia

**Tabla 21.** Verificación de datos para aceptación del diseño #5

| # de Capa | Capa | Admisibilidad ($10^{-6}$) mm teórico | Admisibilidad ($10^{-6}$) mm por CEDEM | Estado |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Capa Asfáltica | 71,36 | 13,2 | Cumple |
| 2 | Base Asfáltica | 47,124 | 46,4 | Cumple |
| 3 | Sub-base granular | x | x | |
| 4 | Mejoramiento | x | x | |
| 5 | Subrasante | 214,97 | 135 | Cumple |

**Elaborado por:** Cristhian Juanazo y Freddy Saldivia

**Diseño #6.- Materiales granulares con base de cemento.**

Capa 1. Sera la carpeta asfáltica h mínimo = 10 cm.

Capa 2. Base de cemento h mínimo = 25 cm E = entre 4000 y 7000 MPa según Holcim u = 0,25.

Capa 3. Sera la Sub-base granular h mínimo = 30 cm.

Capa 4. Sera el mejoramiento h mínimo = 40 cm.

Capa 5. Será la subrasante (CBR DE DISEÑO = 29,55 redondeamos a 30 MPa)

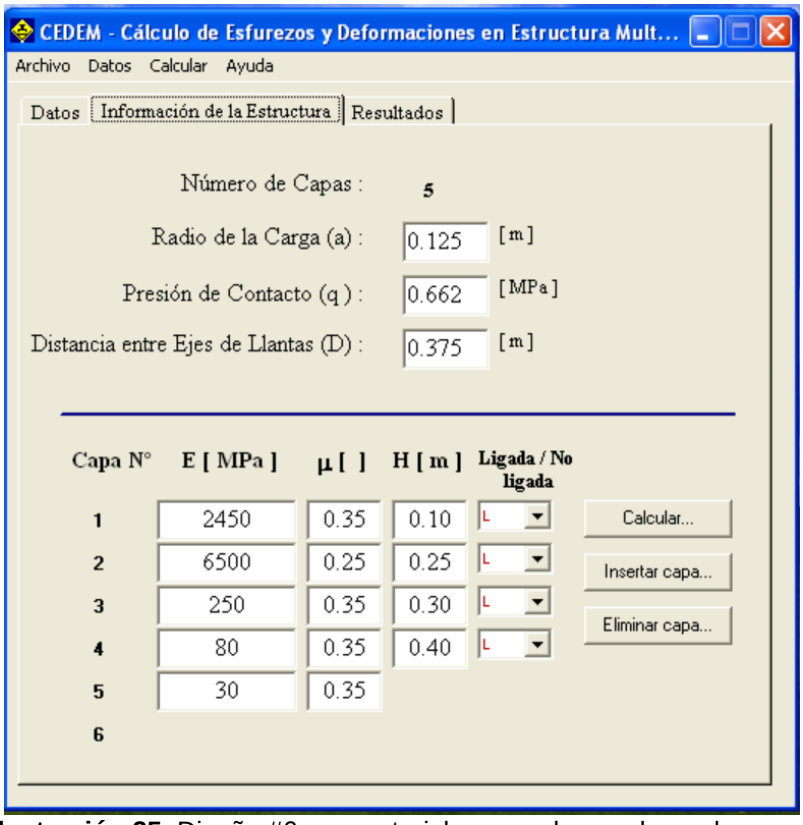



**Ilustración 25.** Diseño #6 con materiales granulares y base de cemento.
**Elaborado por:** Cristhian Juanazo y Freddy Saldivia

**Verificación.** Calculamos y verificamos los resultados de los materiales bituminosos y la subrasante.

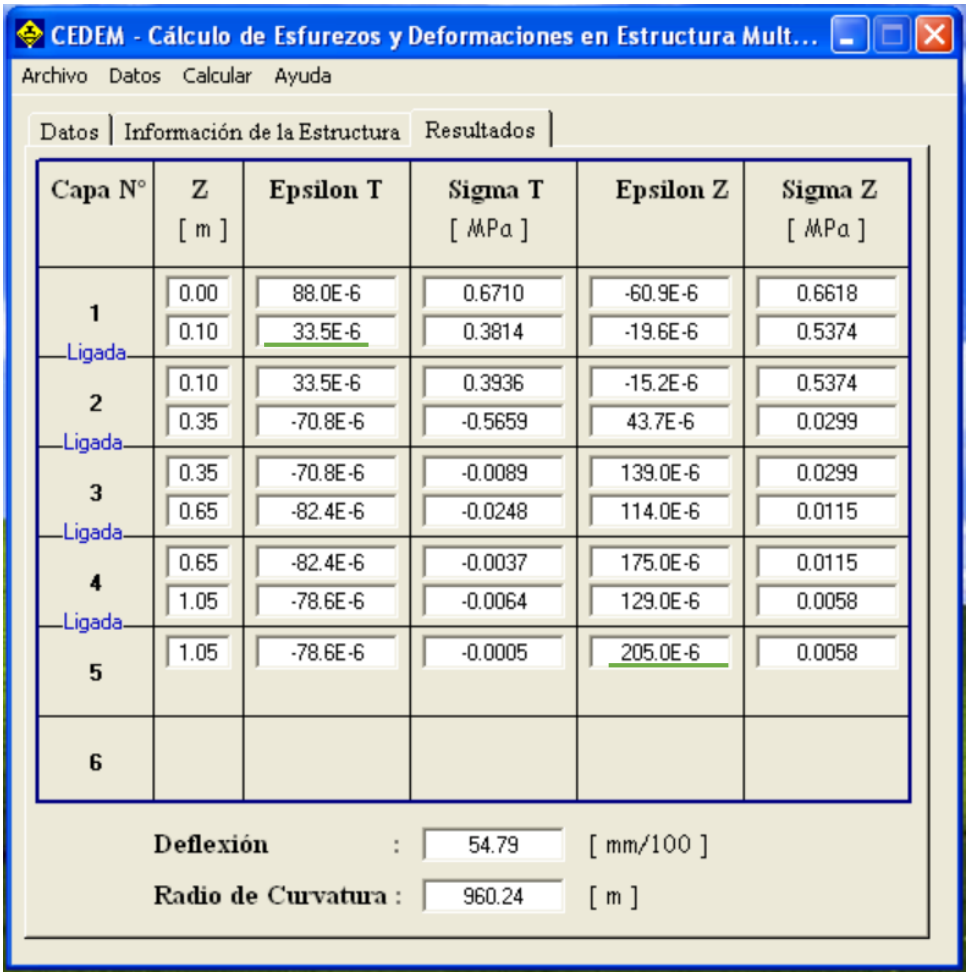



**Ilustración 26.** Resultados del diseño #6.
**Elaborado por:** Cristhian Juanazo y Freddy Saldivia

**Tabla 22.** Verificación de datos para aceptación del diseño #6

| # de Capa | Capa | Admisibilidad ($10^{-6}$) mm teórico | Admisibilidad ($10^{-6}$) mm por CEDEM | Estado |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Capa Asfáltica | 71,36 | 33,5 | Cumple |
| 2 | Base Cemento | x | x | |
| 3 | Mejoramiento | x | x | |
| 4 | Subrasante | 214,97 | 205 | Cumple |

**Elaborado por:** Cristhian Juanazo y Freddy Saldivia

## Tabla de resultados

Una vez realizados varios diseños de espesores de la estructura del pavimento flexible procederemos al realizar su respectivo análisis técnico – económico mediante la presentación de las siguientes tablas:

**Tabla 22.** Resumen de diseños de espesores.

| Diseño # | Estado | Tipo de Diseño |
|---|---|---|
| #1 | No Cumple La Carpeta Asfáltica y la Subrasante | Materiales granulares |
| #2 | No Cumple La Carpeta Asfáltica y la Subrasante | Materiales granulares |
| #3 | No Cumple La Base Asfáltica y la Subrasante | Materiales granulares con base asfáltica |
| #4 | No Cumple La Base Asfáltica | Materiales granulares con base asfáltica |
| #5 | Cumple | Materiales granulares con base asfáltica |
| #6 | Cumple | Materiales granulares con base cementicia |

**Elaborado por:** Cristhian Juanazo y Freddy Saldivia

En la Tabla #23 se observa los espesores de la estructura de pavimento los cuales cumplen con esfuerzos admisible según el software CEDEM.

**Tabla 23.** Resumen de diseños con espesores óptimos.

| Diseño # | Tipo de Diseño | # de capas | Espesores de capas de diseño (cm) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Capa Asfáltica | Base (Asfáltica o Cemento) | Subbase | Mejoramiento |
| #5 | Materiales granulares con base asfáltica | 4 | 17.5 | 35 | 35 | 30 |
| #6 | Materiales granulares con base cementicia | 4 | 10 | 25 | 30 | 40 |

**Elaborado por:** Cristhian Juanazo y Freddy Saldivia

Como podemos apreciar en la Tabla #23 el diseño #5 con base asfáltica y el diseño #6 con base de cemento cumplen el análisis técnico de seguridad con sus espesores óptimos por lo que se procederá a realizar una simple comparativa económica con el fin de establecer cuál sería la opción más favorable. Los APU que se encuentran en Anexo fueron proporcionado por la Muy Ilustre Municipalidad de Guayaquil, en su portal de

Compras Públicas SOCE y los costos fueron de cada capa se consideraron a una distancia de 20 km.

**Tabla 24.** Longitud de la vía, según el diseño geométrico.

| Abscisado | |
|---|---|
| Inicial | K 0 + 00 |
| Final | K 3 + 811 |

**Fuente:** (Lozada Díaz, 2018)

La tabla #25 y # 26 muestran los costos aproximados de los materiales granulares y asfalticos principales a considerar según los diseños 5 y 6 que cumplen con las admisibilidades máximas permitidas.

**Tabla 25.** Resumen de costos del diseño #5.

| Capas | Espesor (m) | Ancho de vía (m) | Longitud aproximada (m) | Volumen aproximado ($m^3$) | Costo Unitario | Costo Total |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Capa Asfáltica. Inc. Transporte | 0,175 | 21,10 | 3811 | 14072,12 | $185,80 | $2.614.599,90 |
| Base Asfáltica. Inc. Transporte | 0,35 | 21,10 | 3811 | 28144,24 | $41,94 | $1.180.369,43 |
| Subbase. Inc. Transporte | 0,35 | 21,10 | 3811 | 28144,24 | $27,64 | $777.906,79 |
| Mejoramiento. Inc. Transporte | 0,30 | 21,10 | 3811 | 24123,63 | $14,53 | $350.516,34 |
| | | | **Total (USD)** | | | **$4.923.392,46** |

**Elaborado por:** Cristhian Juanazo y Freddy Saldivia

**Tabla 26.** Resumen de costos del diseño #6.

| Capas | Espesor (m) | Ancho de vía (m) | Longitud aproximada (m) | Volumen aproximado ($m^3$) | Costo Unitario ($m^3$) | Costo Total |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Capa Asfáltica. Inc. Transporte | 0,10 | 21,10 | 3811 | 8041,21 | $185,80 | $1.494.056,82 |
| Base Cemento Inc. Transporte | 0,25 | 21,10 | 3811 | 20103,03 | $53,71 | $1.079.733,74 |
| Subbase. Inc. Transporte | 0,30 | 21,10 | 3811 | 24123,63 | $27,64 | $666.777,13 |
| Mejoramiento. Inc. Transporte | 0,40 | 21,10 | 3811 | 32164,84 | $14,53 | $467.355,13 |
| | | | **Total (USD)** | | | **$3.707.922,82** |

**Elaborado por:** Cristhian Juanazo y Freddy Saldivia

Los costos que se estimaron se los encontró dentro del portal de contratación pública con el fin de ser más real la inversión del proyecto. Se puede apreciar que el diseño #6 con base cemento cumple con los parámetros técnicos – económicos por lo que se procederá a presentar la sección del pavimento con los espesores indicados.

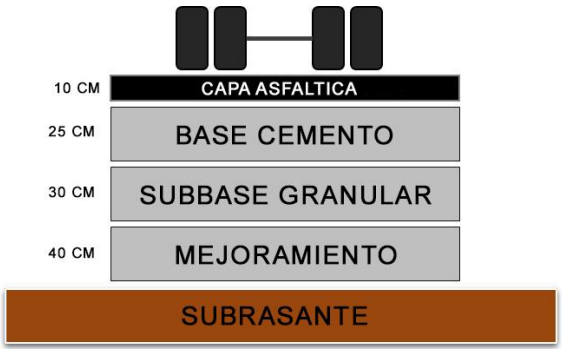



**Ilustración 27.** Sección del diseño de pavimento flexible.
**Elaborado por:** Cristhian Juanazo y Freddy Saldivia

# Capítulo V

## 5.1. Conclusiones

- El conteo vehicular se realizó por medio de video cámara de la zona de estudio donde se obtuvo un tráfico promedio de la semana de 152 929 vehículos para una vía E25 caracterizado como un tráfico de nivel alto.
- La admisibilidad máxima permitida de la base asfáltica es $47{,}124 \times 10^{-6}\ mm$ y de la carpeta asfáltica es $71{,}36 \times 10^{-6} mm$.
- Se obtuvo como resultado de los espesores de la estructura del pavimento, la carpeta asfáltica de 10 cm, la base asfáltica 25 cm, la subbase de 30 cm y el mejoramiento de 40 cm siendo los óptimos para el tipo de tráfico T5 por su composición estructural y económica.

## 5.2. Recomendaciones

- Considerar el método de diseño racional como una mejor opción para el diseño de pavimentos ya que ofrece diferentes alternativas al momento de calcular los espesores para optimizar la seguridad y economía del proyecto.
- Analizar adecuadamente los ensayos al determinar el módulo elástico de las capas bituminosas asfálticas y granulares para evitar posibles deformaciones.

# Bibliografía


AASHTO, A. A. (1993). Guía AASHTO para el diseño de estructuras de pavimeto flexible. En A. A. Highway, *Guía AASHTO para el diseño de estructuras de pavimeto flexible.* Washington D.C.: Capitol Street AASHTO.

Cal y Mayor, R. (2016). Ingeniería de Tránsito. En R. Cal y Mayor, *Ingeniería de Tránsito.* Bogotá: Alfaomega Colombiana.

Coria, G. C., Hernandez, D. R., & Garnica, A. P. (2018). TEORIAS PARA CALCULAR ESFUERZOS, DEFORMACIONES Y DEFLEXIONES EN PAVIMENTOS FLEXIBLES: UN ENFOQUE MECANICISTA. *The National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine*, 282.

Correia, F., & Ojeda, A. (2021). *Repositorio Universidad de Guayaquil.*

Guzmán Suárez, E. A., & Higuera Sandoval, C. H. (2016). Comparación entre el módulo resiliente de la subrasante determinado en laboratorio y el retrocaculado, factor de ajuste C. *Ingenio Magno, Vol 7-1*, 22.

Lázares, W. G. (2016). Mecánica de suelos aplicada a vías de transporte. En W. G. Lázares, *Mecánica de suelos aplicada a vías de transporte.* Lima: Editorial Macro.

Lozada Díaz, C. A. (2018). Tratamiento de fisuras para la conservación del pavimento flexible en el tramo Perico San Ignacio – Cajamarca 2018. *Tratamiento de fisuras para la conservación del pavimento flexible en el tramo Perico San Ignacio – Cajamarca 2018*. Lima, Peru.

Menéndez, J. (2016). Ingenieria de pavimentos, diseño y gestion de pavimentos. En M. José, *Ingenieria de pavimentos, diseño y gestion de pavimentos.* Perú: ICG.

Montejo Fonseca, A. (2010). Ingenieria de pavimentos. En A. Montejo Fonseca, *Ingenieria de pavimentos.* Bogotá: Universidad Católica de Colombia.

Morales, S., Caridad, I. M., Marrero, P., María, I. D., Piusseaut, T., & Eduardo, D. (2020). Propuesta de espesores mínimos de superficie y coeficientes de equivalencia de espesores para el diseño de pavimentos flexibles. *Revista de Arquitectura e Ingeniería*, 15.

MTOP. (2002). *Factor de ajuste mensual por Provincias .* Quito: MTOP.

MTOP, M. d. (2002). Especificaciones Generales Para la Construcción de Caminos y Puentes. *Especificaciones Generales Para la Construcción de Caminos y Puentes*. Quito, Pichincha, Ecuador.

Nardiz, O. C. (1973). Las primeras carreteras modernas. El trazado y la construcción de los Caminos Reales en el siglo XVII. En O. C. Nardiz, *Las primeras carreteras modernas. El trazado y la construcción de los Caminos Reales en el siglo XVII* (pág. 376). Madrid.

NEVI-12. (2013). Norma para estudio y diseño vial. *Norma para estudio y diseño vial, Volumen N° 2 - Libro B*. Quito, Ecuador.

Ogoño Aguinsaca, j. R., & Orozco Calva, L. F. (Octubre de 2020). *Análisis del tránsito vehicular en las intersecciones viales en el centro histórico de la ciudad de Loja, determinando el nivel de servicio.* Obtenido de Dspace: https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/19381

Reyes Lizcano, F. A. (2003). Diseño racional de pavimentos. En F. A. Reyes Lizcano, *Diseño racional de pavimentos* (pág. 586). Bogotá: 1era edicion.

Rondón, H. A., & Reyes, F. A. (2015). Pavimentos, Materiales, construcción y diseño. En H. A. Quintana, & F. A. Lizacano, *Pavimentos, Materiales, construcción y diseño.* Bogotá: Ecoe Ediciones.

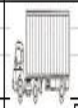
Ursangila, T. d. (2009). Aplicación de concepto empírico-mecanicista en el diseño de pavimentos flexibles. *Aplicación de concepto empírico-mecanicista en el diseño de pavimentos flexibles*. Santa Clara, Cuba.

# Anexos

CONTEO DE TRAFICO

VARIACION HORARIA DEL VOLUMEN DE TRANSITO

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| ESTACION 1: | | DIA CONTEO: | LUNES | FECHA: | 10/1/2022 |
| DIRECCION: | | | | | |

| HORA | LIVIANOS | | BUSES | | CAMIONES | | | | | | | | TOTAL |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Automóvil | Camioneta | Buseta | Bus | C2P | C2G | C3 | C3-S1 | C2-S1 | C2-S2 | C3-S2 | C3-S3 | |
| | | | | | | | | |  | | | | |
| 00h00 01h00 | 53 | 48 | 3 | 9 | 2 | 2 | 5 | 4 | 5 | 7 | 13 | 17 | 168 |
| 01h00 02h00 | 39 | 45 | 4 | 8 | 1 | 2 | 6 | 2 | 4 | 6 | 10 | 14 | 141 |
| 02h00 03h00 | 68 | 69 | 1 | 3 | 3 | 4 | 20 | 8 | 8 | 12 | 23 | 32 | 251 |
| 03h00 04h00 | 105 | 84 | 0 | 0 | 3 | 2 | 11 | 9 | 10 | 16 | 24 | 37 | 301 |
| 04h00 05h00 | 206 | 221 | 25 | 53 | 18 | 22 | 30 | 22 | 28 | 36 | 62 | 91 | 814 |
| 05h00 06h00 | 290 | 276 | 21 | 49 | 24 | 30 | 53 | 32 | 35 | 58 | 88 | 126 | 1082 |
| 06h00 07h00 | 415 | 403 | 25 | 49 | 12 | 20 | 33 | 22 | 28 | 40 | 63 | 99 | 1209 |
| 07h00 08h00 | 631 | 531 | 26 | 61 | 10 | 20 | 30 | 26 | 36 | 59 | 66 | 115 | 1611 |
| 08h00 09h00 | 511 | 477 | 18 | 47 | 18 | 29 | 39 | 33 | 41 | 48 | 94 | 130 | 1485 |
| 09h00 10h00 | 477 | 491 | 20 | 46 | 11 | 16 | 31 | 23 | 33 | 40 | 50 | 87 | 1325 |
| 10h00 11h00 | 511 | 503 | 25 | 49 | 13 | 18 | 43 | 35 | 44 | 64 | 89 | 122 | 1516 |
| 11h00 12h00 | 527 | 503 | 27 | 69 | 33 | 36 | 62 | 52 | 48 | 74 | 130 | 188 | 1749 |
| 12h00 13h00 | 482 | 461 | 31 | 74 | 28 | 36 | 59 | 49 | 43 | 59 | 108 | 166 | 1536 |
| 13h00 14h00 | 441 | 416 | 32 | 76 | 19 | 32 | 55 | 32 | 34 | 55 | 117 | 153 | 1462 |
| 14h00 15h00 | 474 | 448 | 30 | 70 | 22 | 32 | 61 | 31 | 44 | 44 | 108 | 133 | 1497 |
| 15h00 16h00 | 395 | 388 | 24 | 47 | 22 | 26 | 44 | 33 | 34 | 42 | 66 | 100 | 1221 |
| 16h00 17h00 | 475 | 464 | 28 | 55 | 12 | 20 | 37 | 28 | 27 | 31 | 45 | 69 | 1291 |
| 17h00 18h00 | 390 | 347 | 23 | 49 | 14 | 19 | 38 | 23 | 28 | 27 | 46 | 70 | 1074 |
| 18h00 19h00 | 336 | 311 | 17 | 41 | 15 | 19 | 41 | 26 | 32 | 28 | 44 | 68 | 978 |
| 19h00 20h00 | 318 | 235 | 17 | 49 | 15 | 20 | 27 | 30 | 27 | 28 | 39 | 56 | 861 |
| 20h00 21h00 | 172 | 155 | 6 | 16 | 9 | 19 | 25 | 24 | 22 | 24 | 45 | 67 | 584 |
| 21h00 22h00 | 121 | 100 | 12 | 27 | 17 | 21 | 31 | 27 | 26 | 27 | 49 | 73 | 531 |
| 22h00 23h00 | 97 | 84 | 23 | 47 | 15 | 22 | 30 | 23 | 20 | 23 | 39 | 59 | 482 |
| 23h00 24h00 | 61 | 53 | 6 | 15 | 9 | 19 | 27 | 21 | 19 | 22 | 36 | 54 | 342 |
| **Suman** | **7595** | **7113** | **444** | **1009** | **345** | **486** | **838** | **615** | **676** | **870** | **1454** | **2126** | 23571 |

## CONTEO DE TRAFICO

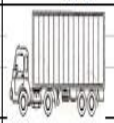
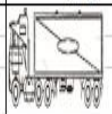
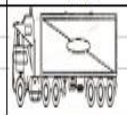
## VARIACION HORARIA DEL VOLUMEN DE TRANSITO

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ESTACION 1: | | | DIA CONTEO: | MARTES | FECHA: | 11/1/2022 |
| DIRECCION: | | | | | | |

| HORA | LIVIANOS | | BUSES | | CAMIONES | | | | | | | | TOTAL |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Automóvil | Camioneta | Buseta | Bus | C2P | C2G | C3 | C3-S1 | C2-S1 | C2-S2 | C3-S2 | C3-S3 | |
| 00h00 01h00 | 51 | 43 | 6 | 5 | 3 | 2 | 4 | 3 | 5 | 7 | 12 | 17 | 158 |
| 01h00 02h00 | 51 | 42 | 6 | 11 | 1 | 4 | 7 | 3 | 5 | 6 | 12 | 14 | 162 |
| 02h00 03h00 | 64 | 61 | 2 | 5 | 2 | 2 | 19 | 7 | 10 | 12 | 25 | 29 | 238 |
| 03h00 04h00 | 81 | 84 | 0 | 0 | 4 | 5 | 13 | 12 | 10 | 11 | 25 | 40 | 285 |
| 04h00 05h00 | 188 | 204 | 21 | 46 | 14 | 21 | 26 | 19 | 22 | 32 | 57 | 85 | 735 |
| 05h00 06h00 | 269 | 259 | 20 | 47 | 25 | 26 | 56 | 26 | 28 | 51 | 80 | 117 | 1004 |
| 06h00 07h00 | 371 | 392 | 19 | 47 | 13 | 20 | 29 | 18 | 29 | 33 | 63 | 104 | 1138 |
| 07h00 08h00 | 585 | 492 | 20 | 55 | 10 | 19 | 28 | 28 | 27 | 52 | 67 | 113 | 1496 |
| 08h00 09h00 | 497 | 465 | 15 | 41 | 15 | 29 | 31 | 31 | 42 | 41 | 88 | 123 | 1418 |
| 09h00 10h00 | 451 | 460 | 17 | 41 | 16 | 21 | 30 | 20 | 30 | 39 | 51 | 83 | 1259 |
| 10h00 11h00 | 486 | 468 | 25 | 44 | 14 | 16 | 38 | 30 | 40 | 54 | 82 | 115 | 1412 |
| 11h00 12h00 | 497 | 476 | 22 | 65 | 35 | 34 | 54 | 45 | 41 | 65 | 121 | 176 | 1631 |
| 12h00 13h00 | 456 | 441 | 24 | 72 | 30 | 34 | 56 | 39 | 37 | 55 | 101 | 159 | 1504 |
| 13h00 14h00 | 424 | 406 | 35 | 74 | 15 | 26 | 51 | 36 | 31 | 55 | 108 | 144 | 1405 |
| 14h00 15h00 | 440 | 424 | 26 | 70 | 19 | 26 | 52 | 25 | 47 | 40 | 105 | 125 | 1399 |
| 15h00 16h00 | 381 | 378 | 18 | 50 | 31 | 23 | 44 | 31 | 29 | 44 | 62 | 94 | 1185 |
| 16h00 17h00 | 433 | 433 | 27 | 51 | 13 | 19 | 33 | 28 | 31 | 34 | 46 | 67 | 1215 |
| 17h00 18h00 | 378 | 333 | 20 | 42 | 15 | 18 | 31 | 27 | 24 | 34 | 48 | 70 | 1040 |
| 18h00 19h00 | 297 | 309 | 23 | 34 | 13 | 18 | 33 | 28 | 29 | 36 | 44 | 69 | 933 |
| 19h00 20h00 | 296 | 235 | 10 | 42 | 13 | 20 | 27 | 23 | 25 | 32 | 37 | 54 | 814 |
| 20h00 21h00 | 171 | 142 | 10 | 15 | 14 | 22 | 22 | 21 | 24 | 37 | 42 | 63 | 583 |
| 21h00 22h00 | 119 | 92 | 16 | 24 | 8 | 19 | 31 | 20 | 30 | 36 | 47 | 69 | 511 |
| 22h00 23h00 | 107 | 71 | 18 | 44 | 12 | 21 | 21 | 21 | 22 | 33 | 41 | 53 | 464 |
| 23h00 24h00 | 62 | 54 | 6 | 14 | 6 | 19 | 20 | 14 | 24 | 34 | 39 | 51 | 343 |
| **Suman** | **7155** | **6764** | **406** | **939** | **341** | **464** | **756** | **555** | **642** | **873** | **1403** | **2034** | 22332 |

## VARIACION HORARIA DEL VOLUMEN DE TRANSITO

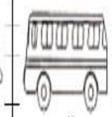
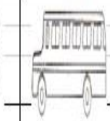
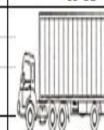
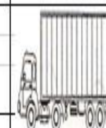
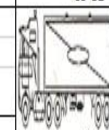
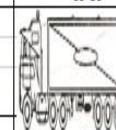
| ESTACION 1: | | DIA CONTEO: | MIERCOLES | FECHA: | 12/1/2022 |
|---|---|---|---|---|---|
| DIRECCION: | | | | | |

| HORA | LIVIANOS | | BUSES | | CAMIONES | | | | | | | | TOTAL |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Automóvil | Camioneta | Buseta | Bus | C2P | C2G | C3 | C3-S1 | C2-S1 | C2-S2 | C3-S2 | C3-S3 | |
| | | | | | | | | | |  |  |  | |
| 00h00 01h00 | 52 | 47 | 3 | 9 | 2 | 2 | 5 | 4 | 5 | 7 | 12 | 16 | 164 |
| 01h00 02h00 | 48 | 45 | 4 | 8 | 1 | 2 | 6 | 2 | 4 | 6 | 9 | 14 | 149 |
| 02h00 03h00 | 64 | 67 | 1 | 3 | 3 | 4 | 19 | 7 | 7 | 11 | 22 | 31 | 239 |
| 03h00 04h00 | 82 | 82 | 0 | 0 | 3 | 2 | 11 | 8 | 9 | 14 | 24 | 36 | 271 |
| 04h00 05h00 | 141 | 216 | 25 | 53 | 17 | 21 | 29 | 22 | 28 | 35 | 61 | 90 | 738 |
| 05h00 06h00 | 176 | 271 | 21 | 48 | 24 | 30 | 52 | 32 | 34 | 57 | 86 | 124 | 955 |
| 06h00 07h00 | 227 | 395 | 25 | 48 | 11 | 19 | 32 | 21 | 28 | 38 | 62 | 97 | 1003 |
| 07h00 08h00 | 395 | 520 | 26 | 60 | 9 | 20 | 30 | 26 | 35 | 58 | 65 | 112 | 1356 |
| 08h00 09h00 | 261 | 467 | 18 | 46 | 18 | 27 | 38 | 32 | 41 | 47 | 92 | 127 | 1214 |
| 09h00 10h00 | 280 | 480 | 19 | 44 | 10 | 16 | 30 | 23 | 32 | 38 | 49 | 85 | 1106 |
| 10h00 11h00 | 310 | 492 | 25 | 48 | 12 | 17 | 41 | 34 | 44 | 61 | 86 | 119 | 1289 |
| 11h00 12h00 | 302 | 492 | 27 | 67 | 32 | 35 | 61 | 51 | 47 | 73 | 127 | 185 | 1499 |
| 12h00 13h00 | 285 | 451 | 30 | 73 | 28 | 35 | 57 | 48 | 41 | 58 | 105 | 163 | 1374 |
| 13h00 14h00 | 261 | 407 | 31 | 74 | 19 | 32 | 55 | 31 | 33 | 54 | 114 | 150 | 1261 |
| 14h00 15h00 | 281 | 439 | 30 | 68 | 22 | 31 | 60 | 31 | 42 | 42 | 106 | 130 | 1282 |
| 15h00 16h00 | 251 | 380 | 24 | 46 | 22 | 26 | 43 | 32 | 33 | 40 | 65 | 97 | 1059 |
| 16h00 17h00 | 264 | 455 | 28 | 53 | 11 | 20 | 36 | 28 | 27 | 30 | 45 | 68 | 1065 |
| 17h00 18h00 | 243 | 339 | 23 | 48 | 14 | 18 | 37 | 23 | 27 | 27 | 45 | 68 | 912 |
| 18h00 19h00 | 197 | 305 | 16 | 39 | 14 | 18 | 39 | 25 | 31 | 28 | 42 | 66 | 820 |
| 19h00 20h00 | 241 | 229 | 16 | 48 | 14 | 19 | 27 | 30 | 27 | 28 | 37 | 56 | 772 |
| 20h00 21h00 | 124 | 152 | 6 | 15 | 9 | 19 | 25 | 24 | 22 | 24 | 44 | 65 | 529 |
| 21h00 22h00 | 106 | 99 | 11 | 27 | 16 | 21 | 30 | 27 | 26 | 27 | 48 | 72 | 510 |
| 22h00 23h00 | 85 | 83 | 23 | 45 | 15 | 22 | 29 | 23 | 20 | 23 | 38 | 58 | 464 |
| 23h00 24h00 | 73 | 51 | 6 | 15 | 8 | 18 | 27 | 21 | 18 | 22 | 35 | 54 | 348 |
| **Suman** | **4749** | **6964** | **438** | **985** | **334** | **474** | **819** | **605** | **661** | **848** | **1419** | **2083** | **20379** |

## CONTEO DE TRAFICO

### VARIACION HORARIA DEL VOLUMEN DE TRANSITO

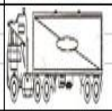
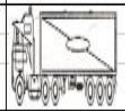
| | | | |
|---|---|---|---|
| ESTACION 1: | DIA CONTEO: JUEVES | FECHA: | 13/1/2022 |
| DIRECCION: | | | |

| HORA | LIVIANOS | | BUSES | | CAMIONES | | | | | | | | TOTAL |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Automóvil | Camioneta | Buseta | Bus | C2P | C2G | C3 | C3-S1 | C2-S1 | C2-S2 | C3-S2 | C3-S3 | |
| | | |  |  | | | |  | |  |  |  | |
| 00h00 01h00 | 53 | 44 | 8 | [illegible] | [illegible] | 2 | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | 165 |
| 01h00 02h00 | 48 | 45 | 9 | 11 | 1 | 4 | 9 | 3 | 6 | 6 | 15 | 13 | 170 |
| 02h00 03h00 | 68 | 63 | 6 | 6 | 3 | 4 | 16 | 8 | 10 | 12 | 24 | 25 | 245 |
| 03h00 04h00 | 74 | 86 | 1 | 1 | 3 | 5 | 18 | 14 | 8 | 9 | 27 | 43 | 289 |
| 04h00 05h00 | 197 | 213 | 20 | 43 | 14 | 26 | 23 | 16 | 23 | 27 | 64 | 87 | 753 |
| 05h00 06h00 | 265 | 272 | 19 | 48 | 24 | 19 | 49 | 23 | 31 | 54 | 79 | 123 | 1006 |
| 06h00 07h00 | 370 | 391 | 23 | 39 | 17 | 17 | 33 | 23 | 29 | 35 | 70 | 108 | 1155 |
| 07h00 08h00 | 585 | 503 | 17 | 59 | 11 | 19 | 29 | 27 | 29 | 47 | 75 | 111 | 1512 |
| 08h00 09h00 | 513 | 487 | 17 | 45 | 11 | 33 | 36 | 23 | 48 | 43 | 86 | 127 | 1469 |
| 09h00 10h00 | 465 | 467 | 22 | 42 | 17 | 27 | 36 | 21 | 27 | 35 | 56 | 90 | 1305 |
| 10h00 11h00 | 499 | 479 | 26 | 45 | 17 | 18 | 42 | 31 | 38 | 45 | 85 | 120 | 1445 |
| 11h00 12h00 | 504 | 492 | 20 | 67 | 37 | 32 | 59 | 45 | 45 | 66 | 117 | 173 | 1657 |
| 12h00 13h00 | 478 | 454 | 26 | 70 | 32 | 26 | 59 | 39 | 37 | 60 | 109 | 160 | 1550 |
| 13h00 14h00 | 446 | 419 | 35 | 76 | 19 | 23 | 46 | 34 | 30 | 62 | 115 | 148 | 1453 |
| 14h00 15h00 | 461 | 441 | 36 | 73 | 19 | 25 | 53 | 27 | 39 | 46 | 105 | 127 | 1452 |
| 15h00 16h00 | 404 | 391 | 21 | 52 | 34 | 25 | 47 | 27 | 37 | 45 | 64 | 96 | 1243 |
| 16h00 17h00 | 445 | 444 | 23 | 56 | 9 | 20 | 40 | 25 | 30 | 40 | 52 | 64 | 1248 |
| 17h00 18h00 | 388 | 345 | 29 | 44 | 13 | 23 | 36 | 20 | 28 | 36 | 53 | 76 | 1091 |
| 18h00 19h00 | 302 | 308 | 21 | 38 | 19 | 19 | 33 | 29 | 29 | 28 | 43 | 72 | 941 |
| 19h00 20h00 | 320 | 238 | 10 | 40 | 16 | 19 | 27 | 22 | 25 | 33 | 43 | 60 | 853 |
| 20h00 21h00 | 178 | 153 | 12 | 19 | 18 | 23 | 30 | 17 | 24 | 37 | 43 | 65 | 619 |
| 21h00 22h00 | 127 | 98 | 17 | 23 | 11 | 19 | 27 | 27 | 26 | 39 | 50 | 75 | 539 |
| 22h00 23h00 | 109 | 76 | 19 | 43 | 11 | 22 | 23 | 21 | 28 | 38 | 43 | 55 | 488 |
| 23h00 24h00 | 65 | 57 | 9 | 15 | 10 | 16 | 23 | 17 | 25 | 34 | 39 | 45 | 355 |
| **Suman** | **7364** | **6966** | **446** | **960** | **369** | **466** | **798** | **542** | **657** | **884** | **1470** | **2081** | 23003 |

## CONTEO DE TRAFICO

### VARIACION HORARIA DEL VOLUMEN DE TRANSITO

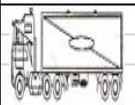
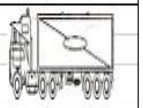
| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| ESTACION 1: | | DIA CONTEO: | VIERNES | FECHA: | 14/1/2022 |
| DIRECCION: | | | | | |

| HORA | LIVIANOS | | BUSES | | CAMIONES | | | | | | | | TOTAL |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Automóvil | Camioneta | Buseta | Bus | C2P | C2G | C3 | C3-S1 | C2-S1 | C2-S2 | C3-S2 | C3-S3 | |
| | | | | | | | | | | |  |  | |
| 00h00 01h00 | 62 | 30 | 2 | 16 | 12 | 4 | 22 | 6 | 2 | 2 | 22 | 76 | 256 |
| 01h00 02h00 | 58 | 24 | 2 | 10 | 8 | 2 | 16 | 14 | 4 | 2 | 38 | 108 | 286 |
| 02h00 03h00 | 66 | 36 | 4 | 4 | 10 | 12 | 12 | 22 | 2 | 2 | 34 | 124 | 328 |
| 03h00 04h00 | 36 | 22 | 6 | 22 | 21 | 8 | 30 | 34 | 6 | 8 | 38 | 78 | 309 |
| 04h00 05h00 | 90 | 66 | 10 | 26 | 14 | 6 | 12 | 21 | 8 | 10 | 34 | 46 | 343 |
| 05h00 06h00 | 156 | 128 | 32 | 42 | 22 | 18 | 21 | 22 | 6 | 4 | 40 | 54 | 545 |
| 06h00 07h00 | 501 | 423 | 92 | 167 | 21 | 25 | 32 | 17 | 20 | 45 | 57 | 94 | 1494 |
| 07h00 08h00 | 538 | 528 | 36 | 61 | 31 | 32 | 40 | 35 | 21 | 36 | 101 | 120 | 1579 |
| 08h00 09h00 | 696 | 620 | 51 | 107 | 32 | 42 | 56 | 34 | 27 | 63 | 159 | 176 | 2063 |
| 09h00 10h00 | 485 | 496 | 21 | 64 | 20 | 25 | 37 | 23 | 23 | 28 | 54 | 87 | 1363 |
| 10h00 11h00 | 756 | 583 | 34 | 106 | 31 | 45 | 74 | 35 | 25 | 58 | 185 | 203 | 2135 |
| 11h00 12h00 | 813 | 792 | 38 | 116 | 28 | 56 | 86 | 40 | 30 | 39 | 144 | 185 | 2367 |
| 12h00 13h00 | 374 | 296 | 23 | 81 | 9 | 20 | 24 | 19 | 13 | 23 | 33 | 61 | 976 |
| 13h00 14h00 | 575 | 577 | 56 | 109 | 21 | 41 | 50 | 118 | 38 | 66 | 144 | 221 | 2016 |
| 14h00 15h00 | 431 | 405 | 38 | 81 | 21 | 36 | 61 | 32 | 40 | 64 | 104 | 154 | 1467 |
| 15h00 16h00 | 479 | 452 | 28 | 66 | 22 | 37 | 62 | 26 | 42 | 40 | 93 | 109 | 1456 |
| 16h00 17h00 | 580 | 471 | 19 | 36 | 13 | 37 | 32 | 28 | 18 | 26 | 40 | 61 | 1361 |
| 17h00 18h00 | 422 | 384 | 12 | 44 | 13 | 20 | 27 | 25 | 25 | 32 | 47 | 71 | 1122 |
| 18h00 19h00 | 285 | 246 | 11 | 36 | 10 | 19 | 23 | 26 | 23 | 26 | 38 | 59 | 802 |
| 19h00 20h00 | 206 | 181 | 12 | 35 | 12 | 21 | 23 | 29 | 19 | 25 | 30 | 44 | 637 |
| 20h00 21h00 | 160 | 154 | 6 | 21 | 8 | 18 | 26 | 26 | 16 | 18 | 37 | 55 | 545 |
| 21h00 22h00 | 87 | 78 | 5 | 22 | 5 | 8 | 17 | 17 | 14 | 13 | 18 | 27 | 311 |
| 22h00 23h00 | 65 | 62 | 10 | 29 | 2 | 6 | 15 | 12 | 9 | 12 | 14 | 22 | 258 |
| 23h00 24h00 | 55 | 54 | 10 | 30 | 3 | 7 | 17 | 10 | 15 | 12 | 18 | 29 | 260 |
| **Suman** | **7976** | **7108** | **558** | **1331** | **389** | **545** | **815** | **671** | **446** | **654** | **1522** | **2264** | 24279 |

## CONTEO DE TRAFICO

## VARIACION HORARIA DEL VOLUMEN DE TRANSITO

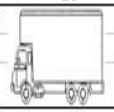
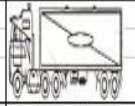
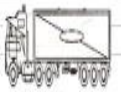
| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ESTACION 1: | | DIA CONTEO: | SABADO | FECHA: | 15/1/2022 | |
| DIRECCION: | | | | | | |

| HORA | LIVIANOS | | BUSES | | CAMIONES | | | | | | | | TOTAL |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Automóvil | Camioneta | Buseta | Bus | C2P | C2G | C3 | C3-S1 | C2-S1 | C2-S2 | C3-S2 | C3-S3 | |
| | | | | | | | | | | |  |  | |
| 00h00 01h00 | 53 | 26 | 2 | 11 | 10 | 3 | 17 | 5 | 3 | 2 | 16 | 65 | 213 |
| 01h00 02h00 | 49 | 23 | 3 | 7 | 5 | 2 | 12 | 10 | 2 | 2 | 28 | 92 | 235 |
| 02h00 03h00 | 55 | 28 | 5 | 4 | 11 | 8 | 9 | 15 | 3 | 2 | 25 | 110 | 275 |
| 03h00 04h00 | 28 | 18 | 5 | 18 | 14 | 5 | 22 | 28 | 6 | 6 | 29 | 65 | 244 |
| 04h00 05h00 | 77 | 55 | 8 | 21 | 13 | 6 | 11 | 14 | 5 | 9 | 26 | 37 | 282 |
| 05h00 06h00 | 138 | 110 | 24 | 36 | 18 | 11 | 18 | 20 | 5 | 4 | 36 | 46 | 466 |
| 06h00 07h00 | 452 | 377 | 83 | 146 | 20 | 19 | 25 | 14 | 16 | 32 | 51 | 78 | 1313 |
| 07h00 08h00 | 481 | 474 | 28 | 49 | 24 | 29 | 31 | 27 | 16 | 29 | 87 | 106 | 1381 |
| 08h00 09h00 | 629 | 554 | 38 | 92 | 23 | 33 | 46 | 27 | 23 | 51 | 136 | 153 | 1805 |
| 09h00 10h00 | 438 | 447 | 14 | 53 | 18 | 21 | 37 | 20 | 21 | 23 | 48 | 78 | 1218 |
| 10h00 11h00 | 686 | 527 | 33 | 91 | 24 | 37 | 60 | 32 | 18 | 47 | 157 | 181 | 1893 |
| 11h00 12h00 | 761 | 714 | 28 | 94 | 22 | 48 | 75 | 30 | 24 | 33 | 128 | 167 | 2124 |
| 12h00 13h00 | 334 | 267 | 23 | 71 | 12 | 20 | 21 | 21 | 14 | 18 | 27 | 48 | 876 |
| 13h00 14h00 | 532 | 517 | 46 | 98 | 18 | 35 | 40 | 106 | 28 | 55 | 137 | 193 | 1805 |
| 14h00 15h00 | 389 | 359 | 32 | 69 | 16 | 28 | 48 | 26 | 31 | 55 | 101 | 130 | 1284 |
| 15h00 16h00 | 435 | 403 | 25 | 60 | 20 | 29 | 53 | 20 | 37 | 33 | 82 | 97 | 1294 |
| 16h00 17h00 | 527 | 426 | 16 | 33 | 12 | 28 | 25 | 26 | 18 | 18 | 29 | 55 | 1213 |
| 17h00 18h00 | 381 | 347 | 12 | 34 | 10 | 20 | 18 | 18 | 19 | 31 | 33 | 65 | 988 |
| 18h00 19h00 | 255 | 216 | 8 | 30 | 7 | 16 | 19 | 19 | 18 | 24 | 31 | 57 | 700 |
| 19h00 20h00 | 187 | 159 | 7 | 30 | 12 | 15 | 24 | 23 | 17 | 20 | 24 | 36 | 554 |
| 20h00 21h00 | 144 | 133 | 5 | 21 | 7 | 16 | 23 | 20 | 14 | 16 | 29 | 52 | 480 |
| 21h00 22h00 | 77 | 65 | 4 | 23 | 5 | 7 | 13 | 16 | 11 | 12 | 14 | 24 | 271 |
| 22h00 23h00 | 52 | 51 | 6 | 23 | 3 | 6 | 14 | 9 | 7 | 7 | 13 | 16 | 207 |
| 23h00 24h00 | 43 | 43 | 9 | 22 | 4 | 3 | 12 | 7 | 10 | 11 | 13 | 23 | 200 |
| **Suman** | **7203** | **6339** | **464** | **1136** | **328** | **445** | **673** | **553** | **366** | **540** | **1300** | **1974** | 21321 |

## CONTEO DE TRAFICO

### VARIACION HORARIA DEL VOLUMEN DE TRANSITO

| | | | |
|---|---|---|---|
| ESTACION 1: | | DIA CONTEO: DOMINGO | FECHA: 16/1/2022 |
| DIRECCION: | | | |

| HORA | LIVIANOS | | BUSES | | CAMIONES | | | | | | | | TOTAL |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Automóvil | Camioneta | Buseta | Bus | C2P | C2G | C3 | C3-S1 | C2-S1 | C2-S2 | C3-S2 | C3-S3 | |
| | | | | | | |  | | | |  |  | |
| 00h00 01h00 | 67 | 52 | 2 | 8 | 2 | 2 | 9 | 3 | 3 | 4 | 11 | 13 | 176 |
| 01h00 02h00 | 41 | 27 | 2 | 12 | 2 | 1 | 6 | 1 | 4 | 3 | 5 | 8 | 112 |
| 02h00 03h00 | 37 | 36 | 1 | 7 | 3 | 2 | 4 | 2 | 2 | 4 | 5 | 8 | 111 |
| 03h00 04h00 | 46 | 43 | 3 | 9 | 2 | 3 | 7 | 3 | 5 | 3 | 8 | 12 | 144 |
| 04h00 05h00 | 91 | 80 | 5 | 15 | 4 | 3 | 11 | 7 | 10 | 12 | 20 | 29 | 287 |
| 05h00 06h00 | 302 | 331 | 41 | 81 | 24 | 23 | 50 | 38 | 42 | 55 | 71 | 107 | 1165 |
| 06h00 07h00 | 841 | 754 | 74 | 145 | 24 | 31 | 37 | 29 | 36 | 44 | 49 | 74 | 2138 |
| 07h00 08h00 | 295 | 284 | 30 | 55 | 14 | 24 | 36 | 26 | 22 | 22 | 24 | 36 | 868 |
| 08h00 09h00 | 248 | 241 | 21 | 38 | 2 | 2 | 5 | 6 | 3 | 6 | 6 | 9 | 587 |
| 09h00 10h00 | 314 | 304 | 15 | 39 | 3 | 2 | 7 | 13 | 9 | 10 | 13 | 19 | 748 |
| 10h00 11h00 | 340 | 313 | 20 | 46 | 4 | 6 | 19 | 16 | 11 | 13 | 22 | 35 | 845 |
| 11h00 12h00 | 410 | 372 | 12 | 34 | 20 | 21 | 40 | 36 | 29 | 36 | 42 | 64 | 1116 |
| 12h00 13h00 | 481 | 456 | 7 | 35 | 22 | 28 | 38 | 31 | 34 | 34 | 42 | 62 | 1270 |
| 13h00 14h00 | 294 | 266 | 7 | 34 | 2 | 2 | 9 | 3 | 5 | 5 | 7 | 10 | 644 |
| 14h00 15h00 | 275 | 282 | 13 | 38 | 3 | 3 | 6 | 4 | 4 | 6 | 7 | 12 | 653 |
| 15h00 16h00 | 461 | 451 | 22 | 46 | 3 | 4 | 14 | 10 | 7 | 11 | 18 | 28 | 1075 |
| 16h00 17h00 | 567 | 504 | 28 | 60 | 3 | 8 | 28 | 29 | 32 | 27 | 33 | 49 | 1368 |
| 17h00 18h00 | 527 | 517 | 29 | 60 | 9 | 6 | 25 | 29 | 22 | 28 | 30 | 42 | 1324 |
| 18h00 19h00 | 424 | 378 | 10 | 36 | 8 | 7 | 20 | 10 | 14 | 15 | 16 | 25 | 963 |
| 19h00 20h00 | 364 | 318 | 12 | 35 | 4 | 7 | 10 | 9 | 13 | 15 | 15 | 23 | 825 |
| 20h00 21h00 | 226 | 208 | 10 | 36 | 6 | 10 | 21 | 14 | 15 | 16 | 24 | 36 | 622 |
| 21h00 22h00 | 134 | 131 | 8 | 29 | 6 | 8 | 19 | 16 | 15 | 16 | 21 | 29 | 432 |
| 22h00 23h00 | 67 | 44 | 25 | 53 | 7 | 5 | 15 | 17 | 17 | 11 | 18 | 25 | 304 |
| 23h00 24h00 | 45 | 39 | 20 | 35 | 5 | 6 | 17 | 14 | 17 | 17 | 21 | 31 | 267 |
| **Suman** | **6897** | **6431** | **417** | **986** | **182** | **214** | **453** | **366** | **371** | **413** | **528** | **786** | 18044 |

# UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

**Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas**

**ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL**

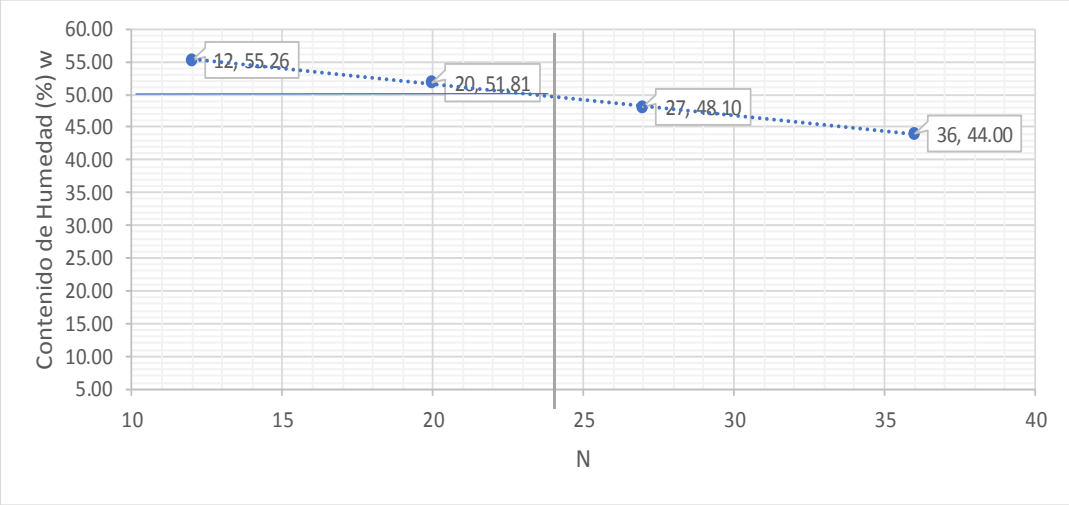
Laboratorio de Suelos y Materiales Ing.Dr.Arnaldo Ruffilli

Av.Kennedy s/n. y Av. Delta - Teléfono: 2281037

## ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO Y PLÁSTICO

### LIMITE LIQUIDO

| PASO No. | | | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Recipiente No. | | | 18 | F | P | 41 |
| Peso en grs. | Recipiente + Peso húmedo | | 23.20 | 23.90 | 23.00 | 26 |
| | Recipiente + Peso seco | | 19.00 | 19.60 | 19.20 | 21.60 |
| | Agua | Ww | **4.20** | **4.30** | **3.80** | **4.40** |
| | Recipiente | | 11.40 | 11.30 | 11.30 | 11.60 |
| | Peso Seco | Ws | **7.60** | **8.30** | **7.90** | **10.00** |
| Contenido de Humedad ( % ) | | W | **55.26** | **51.81** | **48.10** | **44.00** |
| Número de Golpes | | | 12 | 20 | 27 | 36 |




### LIMITE PLASTICO

| PASO No. | | | **1** | **2** | **3** |
|---|---|---|---|---|---|
| Recipiente No. | | | 8 | 19 | 36 |
| Peso en grs. | Recipiente + Peso húmedo | | 18.20 | 19.30 | 18.00 |
| | Recipiente + Peso seco | | 16.50 | 17.50 | 16.40 |
| | Agua | Ww | **1.70** | **1.80** | **1.60** |
| | Recipiente | | 11.10 | 11.60 | 11.20 |
| | Peso Seco | Ws | **5.40** | **5.90** | **5.20** |
| Contenido de Humedad | | W | **31.48** | **30.51** | **30.77** |

**$W_L$:** 49.79 %

**$W_P$:** 30.92 %

**$I_P$:** 18.87 %

**Simbolo de la carta de Plasticidad**

# ML - OL

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE CIENCIAS MATEMATICAS Y FISICA

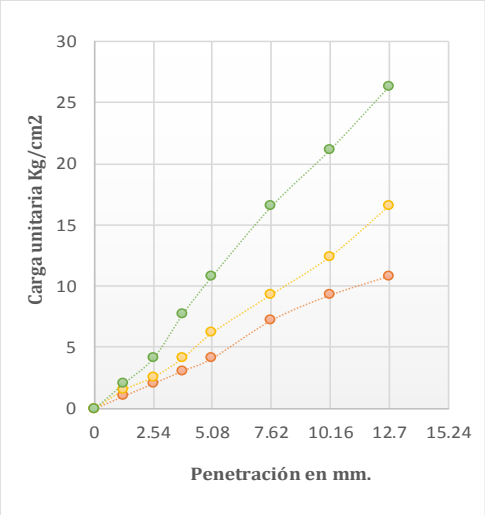
LABORATORIO "ING.DR.ARNALDO RUFFILI"

# CBR - PENETRACION

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **PROYECTO** | | | | | | | **FECHA:** | |
| **LOCALIZACION:** | | | | | | **CALICATA:** | | **1** |
| **PROFUNDIDAD:** | 1.5 | M. | | | | **MUESTRA:** | | **2** |
| **MOLDE No.:** | | | | | | **PESO DE MOLDE:** | | |
| **No. DE GOLPES POR CAPA:** | | **12 - 25 - 56** | | | **VOLUMEN DEL MOLDE** | | | **0,002316** |
| **No. DE CAPAS: 5** | | **PESO DEL MARTILLO: 10 Lbs.** | | | | **ALTURA DE CAIDA: 18 pulg.** | | |

| **No. DE ENSAYO** | | | **1** | **2** | **3** | **1** | **2** | **3** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | **CARGA DE PENETRACION LBS** | | | **CARGA DE PENETRACION Kg** | | |
| 1.27 mm | | (0.05") | 44 | 66 | 88 | 20 | 30 | 40 |
| 2.54 mm | | (0.10") | 88 | 110 | 176 | 40 | 50 | 80 |
| 3.81 mm | | (0.15") | 132 | 176 | 330 | 60 | 80 | 150 |
| 5.08 mm | | (0.20") | 176 | 264 | 462 | 80 | 120 | 210 |
| 7.62 mm | | (0.30") | 308 | 396 | 704 | 140 | 180 | 320 |
| 10.16 mm | | (0.40") | 396 | 528 | 902 | 180 | 240 | 410 |
| 12.70 mm | | (0.50") | 462 | 704 | 1122 | 210 | 320 | 510 |

| **No. DE ENSAYO** | | | **1** | **2** | **3** | **1** | **2** | **3** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | **CARGA DE UNITARIA LBS/plg$^2$** | | | **CARGA UNITARIA Kg/cm$^2$** | | |
| 0 | mm | (0,0") | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1.27 | mm | (0.05") | 14.67 | 22.00 | 29.33 | 1.03 | 1.55 | 2.07 |
| 2.54 | mm | (0.10") | 29.33 | 36.67 | 58.67 | 2.07 | 2.58 | 4.13 |
| 3.81 | mm | (0.15") | 44.00 | 58.67 | 110.00 | 3.10 | 4.13 | 7.75 |
| 5.08 | mm | (0.20") | 58.67 | 88.00 | 154.00 | 4.13 | 6.20 | 10.85 |
| 7.62 | mm | (0.30") | 102.67 | 132.00 | 234.67 | 7.23 | 9.30 | 16.53 |
| 10.16 | mm | (0.40") | 132.00 | 176.00 | 300.67 | 9.30 | 12.40 | 21.18 |
| 12.7 | mm | (0.50") | 154.00 | 234.67 | 374.00 | 10.85 | 16.53 | 26.35 |




| **No. Golpes** | **Esfuerzo de Penetración** | |
|---|---|---|
| | **0,1 Pulg** | **0,2 Pulg** |
| 12 | 2.07 | 4.13 |
| 25 | 2.58 | 6.20 |
| 56 | 4.13 | 10.85 |
| **C.B.R.** | % | **Hinchamiento** |
| 12 | 2.95 | 3.94 |
| 25 | 3.69 | 5.91 |
| 56 | 5.91 | 10.33 |

**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE CIENCIAS MATEMATICAS Y FISICA**

**LABORATORIO "ING.DR.ARNALDO RUFFILI"**

# C.B.R - DENSIDADES

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Proyecto** | | **Fecha** | | **Volumen** | 0.002316 |
| **Profundidad** | 1.5 m | **Localizacion** | | MUESTRA 1-2 | |

## ANTES DE LA INMERSIÓN

| | | | 12 Golpes x capa | 25 Golpes x capa | 56 Golpes x capa |
|---|---|---|---|---|---|
| **HUMEDAD** | Recipiente N° | | 18 | 3 | T |
| | Wh + Recipiente. | | 408.5 | 357.6 | 379.5 |
| | Ws + Recipiente. | | 349.7 | 307.3 | 324.9 |
| | Ww | | **58.80** | **50.30** | **54.60** |
| | Wrecipiente | | 24.1 | 29.3 | 22 |
| | Wseco | | **325.6** | **278** | **302.9** |
| | W% (porcentaje de humedad) | | **18.059** | **18.094** | **18.026** |
| Peso de Molde + Suelo Húmedo | | | 10.9590 | 11.3420 | 10.9700 |
| Peso de Molde | | | 6.9400 | 7.0400 | 6.5550 |
| Peso del Suelo Húmedo. | | Wh | **4.02** | **4.30** | **4.42** |
| Peso del Suelo Seco. | | Ws | **3.40** | **3.643** | **3.741** |
| Conetido de agua=Wh / 1+ 0,01W% | | W% | **18.06** | **18.09** | **18.03** |
| Densidad Húmeda= Wh/Volum. | | dh | **1735.32** | **1857.51** | **1906.30** |
| Densidad Seca= Dh / 1+ 0,01W%. | | ds | **1469.88** | **1572.92** | **1615.16** |

## DESPUES DE LA INMERSIÓN

| | | | 12 Golpes x capa | 25 Golpes x capa | 56 Golpes x capa |
|---|---|---|---|---|---|
| **HUMEDAD** | Recipiente N° | | L | 21 | 5 |
| | Wh + Recipiente. | | 254.2 | 223.4 | 281 |
| | Ws + Recipiente. | | 197.6 | 179.8 | 229.3 |
| | Ww | | **56.60** | **43.60** | **51.70** |
| | Wrecipiente | | 22.4 | 24.6 | 22.1 |
| | Wseco | | **175.2** | **155.2** | **207.2** |
| | W% (porcentaje de humedad) | | **32.306** | **28.093** | **24.952** |
| Peso de Molde + Suelo Húmedo | | | 11.2422 | 11.5920 | 11.2060 |
| Peso de Molde | | | 6.9400 | 7.0400 | 6.5550 |
| Peso del Suelo Húmedo. | | Wh | **4.30** | **4.55** | **4.65** |
| Peso del Suelo Seco. | | Ws | **3.25** | **3.554** | **3.722** |
| Conetido de agua=Wh / 1+ 0,01W% | | W% | **32.31** | **28.09** | **24.95** |
| Densidad Húmeda= Wh/Volum. | | dh | **1857.60** | **1965.46** | **2008.20** |
| Densidad Seca= Dh / 1+ 0,01W%. | | ds | **1404.02** | **1534.40** | **1607.18** |

## % DE HINCHAMIENTO

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| LECTURA INICIAL | | | 0.030 | 0.030 | 0.030 |
| 24 Horas | | | 0.124 | 0.110 | 0.106 |
| 48 Horas | | | 0.138 | 0.131 | 0.122 |
| 72 Horas | | | 0.148 | 0.137 | 0.124 |
| 96 Horas | | | 0.159 | 0.14 | 0.125 |
| | HINCHAMIENTO | % | 2.58 | 2.20 | 1.90 |

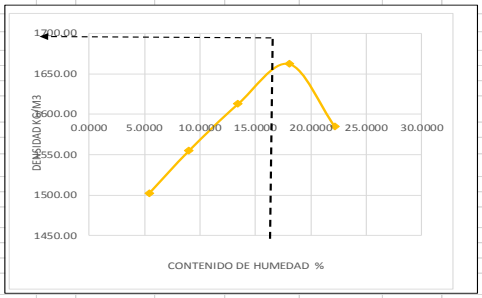
| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| C.B.R. | % | 12 GOLPES | 25 GOLPES | 56 GOLPES |
| Densidad Seca. | ds | 1470 | 1572.9 | 1615.2 |

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMATICAS Y FISICA
LABORATORIO "ING.DR.ARNALDO RUFFILI"

## PROCTOR

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| VOLUMEN DEL CILINDRO: | 0.000944 | $m^3$ | PROYECTO: | CALICATA 1 | |
| PESO DEL CILINDRO: | 4243.0000 | kg | UBICACIÓN: | PORFUNDIAD : 1.5m | |
| NÚMEROS DE GOLPES POR CAPA: | 25 | | SOLICITA: | | |
| NÚMERO DE CAPAS: | 5 | | FECHA: | | |

| CANT. De Agua | R | PESO TIERRA HÚMEDA + RECIPIENTE | PESO TIERRA SECA + RECIPIENTE | PESO DE RECIPIENTE | PESO DE AGUA | PESO SECO | w | PESO TIERRA HÚMEDA + CILINDRO | PESO TIERRA HÚMEDA Wh | 1 + w/100 | PESO TIERRA SECA | DENSIDAD SECA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $cm^3$ | Nº | grs | grs | grs | grs | grs | % | kg | kg | | kg | $kg/m^3$ |
| EN | 1 | 276.30 | 263.40 | 24.60 | 12.90 | 238.80 | 5.4020 | 5738.000 | 1495.0000 | 1.054 | 1418.379 | 1502.52 |
| 100 | 14 | 289.40 | 267.30 | 21.70 | 22.10 | 245.60 | 8.9984 | 5843.000 | 1600.0000 | 1.090 | 1467.912 | 1554.99 |
| 200 | X | 272.00 | 243.10 | 28.10 | 28.90 | 215.00 | 13.4419 | 5970.000 | 1727.0000 | 1.134 | 1522.366 | 1612.68 |
| 300 | 41 | 224.20 | 193.40 | 22.70 | 30.80 | 170.70 | 18.0434 | 6095.000 | 1852.0000 | 1.180 | 1568.915 | 1661.99 |
| 400 | 5 | 259.30 | 216.30 | 22.50 | 43.00 | 193.80 | 22.1878 | 6071.000 | 1828.0000 | 1.222 | 1496.057 | 1584.81 |
| | | | | | | | | | | | | |




CONTENIDO NATURAL DE HUMEDAD: %

CONTENIDO ÓPTIMO DE HUMEDAD: 16.8 %

DENSIDAD SECA MÁXIMA: 1,695 $kg/m^3$

OBSERVACIONES:

| Muestra Nº. | PROF. | CLASIFICACIÓN | $G_S$ | Lim. Liquido | Lim. Plást. | Índice Plást, | %>Nº 4 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | - | |

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
Laboratorio de Suelos y Materiales Ing.Dr.Arnaldo Ruffilli
Av.Kennedy s/n. y Av. Delta - Teléfono: 2281037

**Muestra :** C-1-1 **Fecha :** 13/11/2.017

# CONTENIDO DE HUMEDAD

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Muestra No.** | | 1.1 | | | | |
| **Recipiente No.** | | H | | | | |
| **Peso en gr.** | **Recipiente + Peso Humedo** | 1347.2 | | | | |
| | **Reciente + Peso Seco** | 1009.7 | | | | |
| | **Agua (Ww)** | 337.5 | | | | |
| | **Peso de Recipiente** | 117.2 | | | | |
| | **Peso Seco (Ws)** | 892.5 | | | | |
| **Contenido de Agua (W%)** | | **37.82** | | | | |

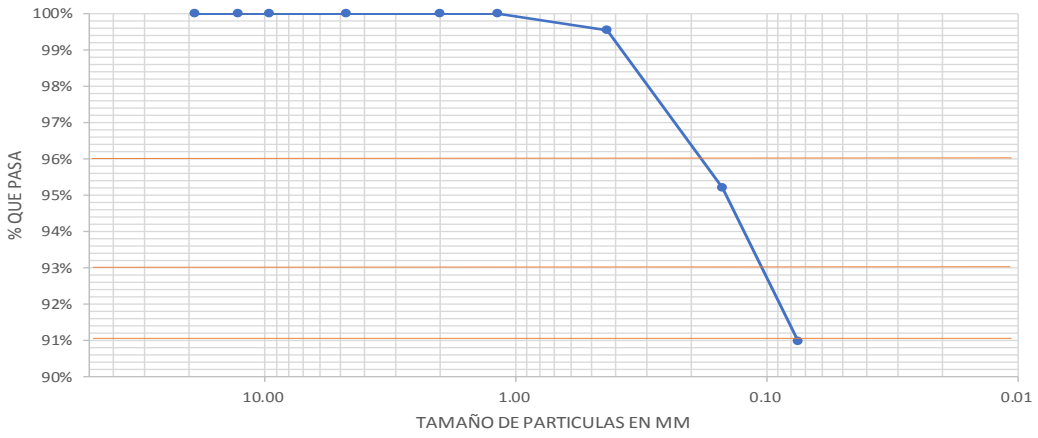
**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL**
**FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS**
**INGENIERÍA CIVIL**

Laboratorio de Suelos y Materiales Ing.Dr.Arnaldo Ruffilli
Av.Kennedy s/n. y Av. Delta - Teléfono: 2281037

# GRANULOMETRÍA

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| PROYECTO : | | | | | | |
| MUESTRA: | | | | | | |
| FECHA : | | | | | | |
| SOLICITA : | | | FECHA : | | MUESTRA : | C-1-1 |

| TAMIZ | PESO PARCIAL | % RETENIDO | % RETENIDO ACUMULADO | % PASANTE ACUMULADO | ESPECIFICACIÓN |
|---|---|---|---|---|---|
| **TAMIZ** | - | - | - | - | |
| **No. 3/4** | 0 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | |
| **No. 1/2** | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | |
| **No. 3/8** | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | |
| **No. 4** | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | |
| **No. 10** | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | |
| **No. 16** | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | |
| **No. 30** | 2.90 | 0.32 | 0.32 | 99.68 | |
| **No. 40** | 1.30 | 0.15 | 0.47 | 99.53 | |
| **No. 50** | 13.90 | 1.56 | 2.03 | 97.97 | |
| **No. 80** | | 0.00 | 2.03 | 97.97 | |
| **No. 100** | 24.80 | 2.78 | 4.81 | 95.19 | |
| **No.200** | 37.6 | 4.21 | 9.02 | 90.98 | |
| **FONDO** | 812.00 | 90.98 | 100.00 | 0.00 | |
| **TOTAL** | 892.50 | 100.00 | | | |



**Rubro:** 12 **Unidad:** m3

**Detalle:** 405-5B2 CAPA DE RODADURA /H.ASFALTICO/ MEZCLA/PLANTA E= 5 CM (INC. IMPRIMACIÓN/TRANSPORTE HASTA 20KM) **# Página:** Página 12 de 64

**Rendimiento:** 11,0000

**Rendimiento (H/U/M):** 0,09091

**EQUIPOS**

| DESCRIPCION | CANTIDAD (A) | TARIFA (B) | COSTO HORA (C=AxB) | RENDIMIENTO (D) | COSTO (E=CxD) | DESGREGACION TECNOLOGICA DEL RUBRO: PESO RELATIVO ELEMENTO (%) (PRT= Td/Q) | CPC ELEMENTO | NP / EP / ND | VAE (%) VI (%) | VAE (%) ELEMENTO VAEt= PRT * VI (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Herramienta menor 5% M.O | 1,0000 | $ 0,24 | $ 0,24 | 0,0909 | $ 0,24 | 0,15% | 4292100117 | EP | 100% | 0,15% |
| Rodillo compactador liso | 1,0000 | $ 35,00 | $ 35,00 | 0,0909 | $ 3,18 | 2,00% | 444240012 | NP | 0% | 0,00% |
| Rodillo neumatico | 1,0000 | $ 40,00 | $ 40,00 | 0,0909 | $ 3,64 | 2,29% | 444240012 | NP | 0% | 0,00% |
| Distribuidor de Asfalto | 1,0000 | $ 35,00 | $ 35,00 | 0,0909 | $ 3,18 | 2,00% | 444280021 | NP | 0% | 0,00% |
| Barredora mecánica autopropulsada | 0,3000 | $ 45,00 | $ 13,50 | 0,0909 | $ 1,23 | 0,77% | 444300411 | NP | 0% | 0,00% |
| Finisher | 1,0000 | $ 45,00 | $ 45,00 | 0,0909 | $ 4,09 | 2,58% | 444220012 | NP | 0% | 0,00% |
| **SUBTOTAL (M)** | | | | | **$ 15,56** | **9,80%** | | | | **0,15%** |

**MANO DE OBRA**

| DESCRIPCION | CANTIDAD (A) | JORNAL / HORA (B) | COSTO HORA (C=AxB) | RENDIMIENTO (D) | COSTO (E=CxD) | PESO RELATIVO ELEMENTO (%) (PRT= Td/Q) | CPC ELEMENTO | NP / EP / ND | VAE (%) VI (%) | VAE (%) ELEMENTO VAEt= PRT * VI (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Peon | 8,0000 | $ 3,83 | $ 30,64 | 0,0909 | $ 2,79 | 1,75% | 851230012 | EP | 100% | 1,75% |
| Maestro mayor en ejecucion de obras civiles | 1,0000 | $ 4,29 | $ 4,29 | 0,0909 | $ 0,39 | 0,25% | 851230012 | EP | 100% | 0,25% |
| Operador de rodillo autopropulsado | 2,0000 | $ 4,09 | $ 8,18 | 0,0909 | $ 0,74 | 0,47% | 851230012 | EP | 100% | 0,47% |
| Operador de acabadora de pavimento asfaltico | 1,0000 | $ 4,09 | $ 4,09 | 0,0909 | $ 0,37 | 0,23% | 851230012 | EP | 100% | 0,23% |
| Operador de distribuidor de asfalto | 1,0000 | $ 4,09 | $ 4,09 | 0,0909 | $ 0,37 | 0,23% | 851230012 | EP | 100% | 0,23% |
| Operador de barredora autopropulsada | 0,3000 | $ 4,09 | $ 1,23 | 0,0909 | $ 0,11 | 0,07% | 851230012 | EP | 100% | 0,07% |
| **SUBTOTAL (N)** | | | | | **$ 4,77** | **3,01%** | | | | **3,01%** |

**MATERIALES**

| DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD (C) | PRECIO UNITARIO (D) | COSTO (E=CxD) | PESO RELATIVO ELEMENTO (%) (PRT= Td/Q) | CPC ELEMENTO | NP / EP / ND | VAE (%) VI (%) | VAE (%) ELEMENTO VAEt= PRT * VI (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Diesel II | gln. | 6,0000 | $ 1,90 | $ 11,40 | 7,18% | 333400011 | EP | 100% | 7,18% |
| Asfalto RC-250 | gln. | 5,0000 | $ 2,54 | $ 12,70 | 8,00% | 153300018 | EP | 100% | 8,00% |
| Mezcla asfaltica | m3. | 1,3000 | $ 83,98 | $ 109,17 | 68,75% | 1533000110 | EP | 100% | 68,75% |
| **SUBTOTAL (O)** | | | | **$ 133,27** | **83,92%** | | | | **83,92%** |

**TRANSPORTE**

| DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD (C) | TARIFA (D) | COSTO (E=CxD) | PESO RELATIVO ELEMENTO (%) (PRT= Td/Q) | CPC ELEMENTO | NP / EP / ND | VAE (%) VI (%) | VAE (%) ELEMENTO VAEt= PRT * VI (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Transporte de mezcla asfaltica | m3/km | 26,00 | 0,20 | $ 5,20 | 3,27% | 643320113 | EP | 100% | 3,27% |
| **SUBTOTAL (P)** | | | | **$ 5,20** | **3,27%** | | | | **3,27%** |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P) | | $ 158,81 | | |
| GASTOS GENERALES | 5% | $ 7,94 | **Σ PRI=** | **VAE RUBRO ΣVAEi=** |
| UTILIDAD | 10% | $ 15,88 | | |
| IMPREVISTOS | 2% | $ 3,18 | **100,00%** | **90,35%** |
| VALOR OFERTADO | | **$ 185,80** | | |

**ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA**

**Rubro: 17** | **Unidad:** m3

**Detalle: 563-8 (A) CAPA DE BASE ASFÁLTICA MEZCLADA EN PLANTA (INC. TRANSPORTE HASTA 20KM)** | **# Página:** Página 17 de 64

**Rendimiento:** 50,0000

**Rendimiento (H/U/M):** 0,02000

**EQUIPOS**

| DESCRIPCION | CANTIDAD (A) | TARIFA (B) | COSTO HORA (C=AxB) | RENDIMIENTO (D) | COSTO (E=CxD) | DESGREGACION TECNOLOGICA DEL RUBRO: PESO RELATIVO ELEMENTO (%) (PRT= Td/Q) | CPC ELEMENTO | NP / EP / ND | VAE (%) VI (%) | VAE (%) ELEMENTO VAEt= PRT * VI (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Herramienta menor 5% M.O | 1,0000 | $ 0,04 | $ 0,04 | 0,0200 | $ 0,04 | 0,11% | 4292100117 | EP | 100% | 0,11% |
| Rodillo neumatico | 1,0000 | $ 40,00 | $ 40,00 | 0,0200 | $ 0,80 | 2,23% | 444240012 | NP | 0% | 0,00% |
| Rodillo Vibratorio | 1,0000 | $ 40,00 | $ 40,00 | 0,0200 | $ 0,80 | 2,23% | 4443004234 | NP | 0% | 0,00% |
| Finisher | 1,0000 | $ 45,00 | $ 45,00 | 0,0200 | $ 0,90 | 2,51% | 444220012 | NP | 0% | 0,00% |
| Planta de Asfalto | 0,2000 | $ 150,00 | $ 30,00 | 0,0200 | $ 0,60 | 1,67% | 4443004177 | NP | 0% | 0,00% |
| **SUBTOTAL (M)** | | | | | **$ 3,14** | **8,76%** | | | | **0,11%** |

**MANO DE OBRA**

| DESCRIPCION | CANTIDAD (A) | JORNAL / HORA (B) | COSTO HORA (C=AxB) | RENDIMIENTO (D) | COSTO (E=CxD) | PESO RELATIVO ELEMENTO (%) (PRT= Td/Q) | CPC ELEMENTO | NP / EP / ND | VAE (%) VI (%) | VAE (%) ELEMENTO VAEt= PRT * VI (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Peon | 6,0000 | $ 3,83 | $ 22,98 | 0,0200 | $ 0,46 | 1,28% | 851230012 | EP | 100% | 1,28% |
| Maestro mayor en ejecucion de obras civiles | 1,0000 | $ 4,29 | $ 4,29 | 0,0200 | $ 0,09 | 0,24% | 851230012 | EP | 100% | 0,24% |
| Operador de rodillo autopropulsado | 2,0000 | $ 4,09 | $ 8,18 | 0,0200 | $ 0,16 | 0,46% | 851230012 | EP | 100% | 0,46% |
| Operador de acabadora de pavimento asfaltico | 1,0000 | $ 4,09 | $ 4,09 | 0,0200 | $ 0,08 | 0,23% | 851230012 | EP | 100% | 0,23% |
| Operador responsable de planta asfaltica | 0,2000 | $ 4,09 | $ 0,82 | 0,0200 | $ 0,02 | 0,05% | 851230012 | EP | 100% | 0,05% |
| **SUBTOTAL (N)** | | | | | **$ 0,81** | **2,25%** | | | | **2,25%** |

**MATERIALES**

| DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD (C) | PRECIO UNITARIO (D) | COSTO (E=CxD) | PESO RELATIVO ELEMENTO (%) (PRT= Td/Q) | CPC ELEMENTO | NP / EP / ND | VAE (%) VI (%) | VAE (%) ELEMENTO VAEt= PRT * VI (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Diesel II | gln. | 2,4600 | $ 1,90 | $ 4,67 | 13,04% | 333400011 | EP | 100% | 13,04% |
| Asfalto RC-250 | gln. | 1,8600 | $ 2,54 | $ 4,72 | 13,18% | 153300018 | EP | 100% | 13,18% |
| Base clase 1 | m3. | 1,2500 | $ 14,00 | $ 17,50 | 48,82% | 153200015 | EP | 100% | 48,82% |
| **SUBTOTAL (O)** | | | | **$ 26,90** | **75,04%** | | | | **75,04%** |

**TRANSPORTE**

| DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD (C) | TARIFA (D) | COSTO (E=CxD) | PESO RELATIVO ELEMENTO (%) (PRT= Td/Q) | CPC ELEMENTO | NP / EP / ND | VAE (%) VI (%) | VAE (%) ELEMENTO VAEt= PRT * VI (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Transporte de agregados | m3/km | 25,00 | $ 0,20 | $ 5,00 | 13,95% | 643390017 | EP | 100% | 13,95% |
| **SUBTOTAL (P)** | | | | **$ 5,00** | **13,95%** | | | | **13,95%** |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P) | | $ 35,85 | | |
| GASTOS GENERALES | 5% | $ 1,79 | **Σ PRI=** | |
| UTILIDAD | 10% | $ 3,58 | | **VAE RUBRO ΣVAEi= 91,35%** |
| IMPREVISTOS | 2% | $ 0,72 | **100,00%** | |
| VALOR OFERTADO | | **$ 41,94** | | |

**ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA**

**Rubro:** 11 **Unidad:** m3

**Detalle:** 404-2(1)A1 BASE DE AGREGADOS ESTABILIZADA CON CEMENTO PORTLAND F'C= 25KG/CM2 A 7D INC. TRANSPORTE 20KM **# Página:** Página 11 de 64

**Rendimiento:** 20,0000

**Rendimiento (H/U/M):** 0,05000

**EQUIPOS**

| DESCRIPCION | CANTIDAD (A) | TARIFA (B) | COSTO HORA (C=AxB) | RENDIMIENTO (D) | COSTO (E=CxD) | DESGREGACION TECNOLOGICA DEL RUBRO: PESO RELATIVO ELEMENTO (%) (PRT= Td/Q) | CPC ELEMENTO | NP / EP / ND | VAE (%) VI (%) | VAE (%) ELEMENTO VAEi= PRT * VI (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Herramienta menor 5% M.O | 1,0000 | $ 0,09 | $ 0,09 | 0,0500 | $ 0,09 | 0,21% | 4292100117 | EP | 100% | 0,21% |
| Rodillo compactador liso | 1,0000 | $ 35,00 | $ 35,00 | 0,0500 | $ 1,75 | 3,81% | 444240012 | NP | 0% | 0,00% |
| Tanquero de agua cap. 2000 glns. Con bomba | 1,0000 | $ 25,00 | $ 25,00 | 0,0500 | $ 1,25 | 2,72% | 492100011 | ND | 40% | 1,09% |
| Motoniveladora | 1,0000 | $ 40,00 | $ 40,00 | 0,0500 | $ 2,00 | 4,36% | 444220013 | NP | 0% | 0,00% |
| **SUBTOTAL (M)** | | | | | **$ 5,09** | **11,10%** | | | | **1,30%** |

**MANO DE OBRA**

| DESCRIPCION | CANTIDAD (A) | JORNAL / HORA (B) | COSTO HORA (C=AxB) | RENDIMIENTO (D) | COSTO (E=CxD) | PESO RELATIVO ELEMENTO (%) (PRT= Td/Q) | CPC ELEMENTO | NP / EP / ND | VAE (%) VI (%) | VAE (%) ELEMENTO VAEi= PRT * VI (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Peon | 6,0000 | $ 3,83 | $ 22,98 | 0,0500 | $ 1,15 | 2,50% | 851230012 | EP | 100% | 2,50% |
| Maestro mayor en ejecucion de obras civiles | 0,2000 | $ 4,29 | $ 0,86 | 0,0500 | $ 0,04 | 0,09% | 851230012 | EP | 100% | 0,09% |
| Operador de rodillo autopropulsado | 1,0000 | $ 4,09 | $ 4,09 | 0,0500 | $ 0,20 | 0,45% | 851230012 | EP | 100% | 0,45% |
| CHOFER: Tanqueros (Estr.Oc.C1) | 1,0000 | $ 5,62 | $ 5,62 | 0,0500 | $ 0,28 | 0,61% | 851230012 | EP | 100% | 0,61% |
| Operador de motoniveladora | 1,0000 | $ 4,29 | $ 4,29 | 0,0500 | $ 0,21 | 0,47% | 851230012 | EP | 100% | 0,47% |
| **SUBTOTAL (N)** | | | | | **$ 1,89** | **4,12%** | | | | **4,12%** |

**MATERIALES**

| DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD (C) | PRECIO UNITARIO (D) | COSTO (E=CxD) | PESO RELATIVO ELEMENTO (%) (PRT= Td/Q) | CPC ELEMENTO | NP / EP / ND | VAE (%) VI (%) | VAE (%) ELEMENTO VAEi= PRT * VI (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Cemento tipo base MH Inc. Transporte | kg. | 115,0000 | $ 0,15 | $ 17,25 | 37,58% | 374400011 | EP | 100% | 37,58% |
| Base clase 1 | m3. | 1,2000 | $ 14,00 | $ 16,80 | 36,60% | 153200015 | EP | 100% | 36,60% |
| Agua | m3. | 0,0750 | $ 0,90 | $ 0,07 | 0,15% | 180000111 | EP | 100% | 0,15% |
| **SUBTOTAL (O)** | | | | **$ 34,12** | **74,32%** | | | | **74,32%** |

**TRANSPORTE**

| DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD (C) | TARIFA (D) | COSTO (E=CxD) | PESO RELATIVO ELEMENTO (%) (PRT= Td/Q) | CPC ELEMENTO | NP / EP / ND | VAE (%) VI (%) | VAE (%) ELEMENTO VAEi= PRT * VI (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Transporte de agregados | m3/km | 24,00 | 0,20 | $ 4,80 | 10,46% | 643390017 | EP | 100% | 10,46% |
| **SUBTOTAL (P)** | | | | **$ 4,80** | **10,46%** | | | | **10,46%** |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P) | | $ 45,90 | | |
| GASTOS GENERALES | 5% | $ 2,30 | **Σ PRI=** | |
| UTILIDAD | 10% | $ 4,59 | | **VAE RUBRO ΣVAEi= 90,20%** |
| IMPREVISTOS | 2% | $ 0,92 | **100,00%** | |
| VALOR OFERTADO | | $ 53,71 | | |

**ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA**

**Rubro:** 23 **Unidad:** u

**Detalle:** 403-1(2)E SUB-BASE CLASE 1 INC. TRANSPORTE HASTA 20KM **# Página:** Página 23 de 64

**Rendimiento:** 50,0000

**Rendimiento (H/U/M):** 0,02000

**EQUIPOS**

| DESCRIPCION | CANTIDAD (A) | TARIFA (B) | COSTO HORA (C=AxB) | RENDIMIENTO (D) | COSTO (E=CxD) | DESGREGACION TECNOLOGICA DEL RUBRO: PESO RELATIVO ELEMENTO (%) (PRT= Td/Q) | CPC ELEMENTO | NP / EP / ND | VAE (%) VI (%) | VAE (%) ELEMENTO VAEt= PRT * VI (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Herramienta menor 5% M.O | 1,0000 | $ 0,02 | $ 0,02 | 0,0200 | $ 0,02 | 0,08% | 4292100117 | EP | 100% | 0,08% |
| Rodillo vibratorio | 1,0000 | $ 40,00 | $ 40,00 | 0,0200 | $ 0,80 | 3,39% | 4443004234 | NP | 0% | 0,00% |
| Tanquero de agua cap. 2000 glns. Con bomba | 1,0000 | $ 25,00 | $ 25,00 | 0,0200 | $ 0,50 | 2,12% | 492100011 | ND | 40% | 0,85% |
| Motoniveladora | 1,0000 | $ 40,00 | $ 40,00 | 0,0200 | $ 0,80 | 3,39% | 444220013 | NP | 0% | 0,00% |
| **SUBTOTAL (M)** | | | | | **$ 2,12** | **8,96%** | | | | **0,92%** |

**MANO DE OBRA**

| DESCRIPCION | CANTIDAD (A) | JORNAL / HORA (B) | COSTO HORA (C=AxB) | RENDIMIENTO (D) | COSTO (E=CxD) | PESO RELATIVO ELEMENTO (%) (PRT= Td/Q) | CPC ELEMENTO | NP / EP / ND | VAE (%) VI (%) | VAE (%) ELEMENTO VAEt= PRT * VI (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Peon | 1,0000 | $ 3,83 | $ 3,83 | 0,0200 | $ 0,08 | 0,32% | 851230012 | EP | 100% | 0,32% |
| Operador de rodillo autopropulsado | 1,0000 | $ 4,09 | $ 4,09 | 0,0200 | $ 0,08 | 0,35% | 851230012 | EP | 100% | 0,35% |
| Operador de motoniveladora | 1,0000 | $ 4,29 | $ 4,29 | 0,0200 | $ 0,09 | 0,36% | 851230012 | EP | 100% | 0,36% |
| CHOFER: Tanqueros (Estr.Oc.C1) | 1,0000 | $ 5,62 | $ 5,62 | 0,0200 | $ 0,11 | 0,48% | 851230012 | EP | 100% | 0,48% |
| **SUBTOTAL (N)** | | | | | **$ 0,36** | **1,51%** | | | | **1,51%** |

**MATERIALES**

| DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD (C) | PRECIO UNITARIO (D) | COSTO (E=CxD) | PESO RELATIVO ELEMENTO (%) (PRT= Td/Q) | CPC ELEMENTO | NP / EP / ND | VAE (%) VI (%) | VAE (%) ELEMENTO VAEt= PRT * VI (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Subbase clase 1 | m3. | 1,2500 | $ 12,85 | $ 16,06 | 67,98% | 153200015 | EP | 100% | 67,98% |
| Agua | m3. | 0,1000 | $ 0,90 | $ 0,09 | 0,38% | 180000111 | EP | 100% | 0,38% |
| **SUBTOTAL (O)** | | | | **$ 16,15** | **68,36%** | | | | **68,36%** |

**TRANSPORTE**

| DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD (C) | TARIFA (D) | COSTO (E=CxD) | PESO RELATIVO ELEMENTO (%) (PRT= Td/Q) | CPC ELEMENTO | NP / EP / ND | VAE (%) VI (%) | VAE (%) ELEMENTO VAEt= PRT * VI (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Transporte de agregados | m3/km | 25,00 | $ 0,20 | $ 5,00 | 21,16% | 643390017 | EP | 100% | 21,16% |
| **SUBTOTAL (P)** | | | | **$ 5,00** | **21,16%** | | | | **21,16%** |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)** | | **$ 23,63** | | |
| **GASTOS GENERALES** | **5%** | **$ 1,18** | **Σ PRI=** | |
| **UTILIDAD** | **10%** | **$ 2,36** | | **VAE RUBRO** |
| **IMPREVISTOS** | **2%** | **$ 0,47** | **100,00%** | **ΣVAEi=** |
| **VALOR OFERTADO** | | **$ 27,64** | | **91,96%** |

**ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA**

**Rubro:** 9 **Unidad:** m3

**Detalle:** 304-1(2)E-1 MATERIAL DE PRÉSTAMO IMPORTADO. INC. TRANSPORTE HASTA 20KM **# Página:** Página 9 de 64

**Rendimiento:** 66,0000

**Rendimiento (H/U/M):** 0,01515

**EQUIPOS**

| DESCRIPCION | CANTIDAD (A) | TARIFA (B) | COSTO HORA (C=AxB) | RENDIMIENTO (D) | COSTO (E=CxD) | PESO RELATIVO ELEMENTO (%) (PRT= Td/Q) | CPC ELEMENTO | NP / EP / ND | VAE (%) VI (%) | VAE (%) ELEMENTO VAEi= PRT * VI (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Herramienta menor 5% M.O | 1,0000 | $ 0,01 | $ 0,01 | 0,0152 | $ 0,01 | 0,11% | 4292100117 | EP | 100% | 0,11% |
| Rodillo Vibratorio | 1,0000 | $ 40,00 | $ 40,00 | 0,0152 | $ 0,61 | 4,88% | 4443004234 | NP | 0% | 0,00% |
| Motoniveladora | 1,0000 | $ 40,00 | $ 40,00 | 0,0152 | $ 0,61 | 4,88% | 444220013 | NP | 0% | 0,00% |
| Tanquero de agua cap. 2000 glns. Con bomba | 1,0000 | $ 25,00 | $ 25,00 | 0,0152 | $ 0,38 | 3,05% | 492100011 | ND | 40% | 1,22% |
| **SUBTOTAL (M)** | | | | | **$ 1,60** | **12,92%** | | | | **1,33%** |

**MANO DE OBRA**

| DESCRIPCION | CANTIDAD (A) | JORNAL / HORA (B) | COSTO HORA (C=AxB) | RENDIMIENTO (D) | COSTO (E=CxD) | PESO RELATIVO ELEMENTO (%) (PRT= Td/Q) | CPC ELEMENTO | NP / EP / ND | VAE (%) VI (%) | VAE (%) ELEMENTO VAEi= PRT * VI (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Peon | 1,0000 | $ 3,83 | $ 3,83 | 0,0152 | $ 0,06 | 0,47% | 851230012 | EP | 100% | 0,47% |
| Operador de rodillo autopropulsado | 1,0000 | $ 4,09 | $ 4,09 | 0,0152 | $ 0,06 | 0,50% | 851230012 | EP | 100% | 0,50% |
| Operador de motoniveladora | 1,0000 | $ 4,29 | $ 4,29 | 0,0152 | $ 0,07 | 0,52% | 851230012 | EP | 100% | 0,52% |
| CHOFER: Tanqueros (Estr.Oc.C1) | 1,0000 | $ 5,62 | $ 5,62 | 0,0152 | $ 0,09 | 0,69% | 851230012 | EP | 100% | 0,69% |
| **SUBTOTAL (N)** | | | | | **$ 0,27** | **2,18%** | | | | **2,18%** |

**MATERIALES**

| DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD (C) | PRECIO UNITARIO (D) | COSTO (E=CxD) | PESO RELATIVO ELEMENTO (%) (PRT= Td/Q) | CPC ELEMENTO | NP / EP / ND | VAE (%) VI (%) | VAE (%) ELEMENTO VAEi= PRT * VI (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Cascajo mediano IP<9 | m3. | 1,2500 | $ 4,36 | $ 5,45 | 43,90% | 153200015 | EP | 100% | 43,90% |
| Agua | m3. | 0,1000 | $ 0,90 | $ 0,09 | 0,72% | 180000111 | EP | 100% | 0,72% |
| **SUBTOTAL (O)** | | | | **$ 5,54** | **44,62%** | | | | **44,62%** |

**TRANSPORTE**

| DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD (C) | TARIFA (D) | COSTO (E=CxD) | PESO RELATIVO ELEMENTO (%) (PRT= Td/Q) | CPC ELEMENTO | NP / EP / ND | VAE (%) VI (%) | VAE (%) ELEMENTO VAEi= PRT * VI (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Transporte de agregados | m3/km | 25,00 | 0,20 | $ 5,00 | 40,27% | 643390017 | EP | 100% | 40,27% |
| **SUBTOTAL (P)** | | | | **$ 5,00** | **40,27%** | | | | **40,27%** |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P) | | $ 12,41 | | |
| GASTOS GENERALES | 5% | $ 0,62 | **Σ PRI=** | **VAE RUBRO ΣVAEi= 88,41%** |
| UTILIDAD | 10% | $ 1,24 | | |
| IMPREVISTOS | 2% | $ 0,25 | **100,00%** | |
| VALOR OFERTADO | | $ 14,53 | | |

**ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA**

# REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

**FICHA DE REGISTRO DE TESIS**

| | |
|---|---|
| TÍTULO Y SUBTÍTULO: Análisis y Diseño Estructural de Pavimento Flexible Utilizando el Método Mecanicista sobre una Vía Lateral a la Altura del Cantón Alfredo Baquerizo Moreno (Jujan), Provincia Del Guayas. | |
| AUTOR/ES:<br>Juanazo Villamar Cristhian Arnaldo<br>Saldivia Monserrate Freddy Geovanny | TUTOR: Ing. Gustavo Xavier Ramírez Zambrano, Msc.<br>REVISORES: Ing. Gino Fernando Flor Chávez, Msc |
| INSTITUCIÓN: Universidad de Guayaquil | FACULTAD: Ciencias Matemáticas y Físicas |
| CARRERA: Ingeniería Civil | |
| FECHA DE PUBLICACIÓN: Abril, 2022 | No. DE PÁGS: 97 |
| TÍTULO OBTENIDO: Ingeniero Civil | |
| ÁREAS TEMÁTICAS: Método Mecanicista sobre una vía lateral. | |
| PALABRAS CLAVE: MECANICISTA, DISEÑO, ESFUERZO, PAVIMENTO, FLEXIBLE. | |
| RESUMEN: El correcto diseño de vías de comunicación es de vital importancia ya que sin ellas la comunicación entre dos o más poblaciones no sería posible y con esto el desarrollo, progreso y comercio de ellas no podrían crecer, es por eso por lo que tener una vía segura, cómoda, duradera y económica es de vital importancia para las poblaciones. Este trabajo de investigación tiene como objetivo ser una guía para todas aquellas personas que pretendan interesarse por el diseño de pavimentos flexibles por un método mucho más conservador como es el método mecanicista que a diferencia de los métodos tradicionales este se basa en los esfuerzos y deformaciones que son causados por las cargas del tránsito a lo largo de su vida útil, variables que los métodos tradicionales no lo consideran. Al mismo tiempo el método mecanicista considera los cambios climáticos como la temperatura. | |
| No. DE REGISTRO (en base de datos): | No. DE CLASIFICACIÓN: |
| DIRECCIÓN URL (tesis en la web): | |

| | | |
|---|---|---|
| ADJUNTO PDF: | [X] SI | NO |
| CONTACTO CON AUTOR/ES | Teléfono: 0993940641-<br>0991152083 | E-mail:<br>freddysaldivia26@hotmail.com<br>cjuanazo91@gmail.com |

| | |
|---|---|
| CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN: | Nombre: Secretaría de la Facultad |
| | Teléfono: (03)2848487 Ext. 123 |
| | E-mail: fca@uta.edu.ec |