



**UNIVERSIDAD ESTATAL  
PENÍNSULA DE SANTA ELENA  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
CARRERA INGENIERÍA CIVIL**

“ESTUDIO DE SUELO Y ESTABILIZACIÓN DEL MATERIAL  
GRANULAR EXISTENTE CON EMULSIÓN ASFÁLTICA PARA EL  
DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE, EN LA VÍA LIBERTADOR  
BOLÍVAR-SITIO NUEVO DE LONGITUD 5 KM, DEL CANTÓN  
SANTA ELENA, PROVINCIA DE SANTA ELENA”

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

Previo a la obtención del título de:

**INGENIERO CIVIL**

**AUTORES:**

ZAMBRANO VERA CÉSAR ANTONIO  
ZAVALA GUANOLUISA DANNY ERWIN

**TUTOR:**

Ing. NELSON EDY ÁLVAREZ SÁNCHEZ, MSc.

La Libertad, Ecuador

2019

## **CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente trabajo de titulación, fue realizado en su totalidad por **Zambrano Vera César Antonio** y **Zavala Guanoluisa Danny Erwin** como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniero Civil**.

### **TUTOR**

---

**Ing. Álvarez Sánchez Nelson Edy, MSc.**

### **DIRECTORA DE LA CARRERA**

---

**Arq. Rubira Gómez Gilda, MSc.**

La Libertad, a 1 día del mes de marzo del año 2019

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación, modalidad Proyecto de Investigación **“ESTUDIO DE SUELO Y ESTABILIZACIÓN DEL MATERIAL GRANULAR EXISTENTE CON EMULSIÓN ASFÁLTICA PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE, EN LA VÍA LIBERTADOR BOLÍVAR- SITIO NUEVO DE LONGITUD 5 KM, DEL CANTÓN SANTA ELENA, PROVINCIA DE SANTA ELENA”**, elaborado por los Sres. ZAMBRANO VERA CÉSAR ANTONIO y ZAVALA GUANOLUISA DANNY ERWIN, egresados de la Carrera de Ingeniería Civil, Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de Ingeniero Civil, me permito declarar que luego de haberla dirigido, estudiado y revisado, la apruebo en su totalidad.

**TUTOR**

---

**Ing. Álvarez Sánchez Nelson Edy**

La Libertad, a 1 día del mes de marzo del año 2019

## **DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Nosotros, **Zambrano Vera César Antonio - Zavala Guanoluisa Danny Erwin**

### **DECLARAMOS QUE:**

El Trabajo de Titulación, “**Estudio de suelo y estabilización del material granular existente con emulsión asfáltica para el diseño de pavimento flexible, en la vía Libertador Bolívar- Sitio Nuevo de longitud 5 km, del Cantón Santa Elena, Provincia de Santa Elena**” previo a la obtención del título de Ingeniero Civil, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de nuestra total autoría.

En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

**La Libertad, a 1 día del mes de marzo del año 2019**

### **AUTORES**

---

**Zambrano Vera César Antonio**

---

**Zavala Guanoluisa Danny Erwin**

## **AUTORIZACIÓN**

Nosotros, **Zambrano Vera César Antonio - Zavala Guanoluisa Danny Erwin**

Autorizamos a la Universidad Península de Santa Elena a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **“Estudio de suelo y estabilización del material granular existente con emulsión asfáltica para el diseño de pavimento flexible, en la vía Libertador Bolívar- Sitio Nuevo de longitud 5 km, del Cantón Santa Elena, Provincia de Santa Elena”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y total autoría.

**La Libertad, a 1 día del mes de marzo del año 2019**

### **AUTORES**

---

**Zambrano Vera César Antonio**

---

**Zavala Guanoluisa Danny Erwin**

# CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO



Universidad Estatal  
Península de Santa Elena

Biblioteca General

La Libertad, 12 de febrero de 2019

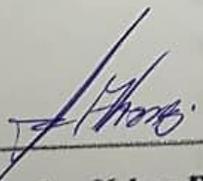
## CERTIFICADO ANTIPLAGIO

001-TUTOR NEAS-2019

En calidad de tutor del trabajo de titulación denominado "Estudio de Suelo y Estabilización del Material Granular Existente con Emulsión Asfáltica para el Diseño de Pavimento Flexible, en la Vía Libertador Bolívar- Sitio Nuevo de Longitud 5 km, del Cantón Santa Elena, Provincia de Santa Elena", elaborado por los estudiantes: **César Antonio Zambrano Vera** y **Danny Erwin Zavala Guanoluisa**, egresados de la Carrera de **Ingeniería Civil**, de la Facultad de **Ciencias de la Ingeniería** de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de **Ingeniero Civil**, me permito declarar que una vez analizado en el sistema antiplagio URKUND, luego de haber cumplido los requerimientos exigidos de valoración, el presente proyecto ejecutado, se encuentra con **8 %** de la valoración permitida, por consiguiente se procede a emitir el presente informe.

Adjunto reporte de similitud.

Atentamente,

  
Álvarez Sánchez Nelson Edy  
C.I.: 1703661205  
DOCENTE TUTOR

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero agradecer al Amor Puro e Infinito de la Creación, por ser energía consciente de vida y darme la oportunidad de vivir una experiencia física en la Tierra.

A mi querida Universidad Estatal Península de Santa Elena, a la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, a la Carrera de Ingeniería Civil y a toda su planta de docentes por sus valiosas experiencias y conocimientos impartidos durante todos los años que duró mi formación profesional universitaria.

A mi familia, en especial a mis padres Lic. Marcos Zambrano Romero MSc. y Sra. Cheril Vera Quimí por todo su paciencia y apoyo incondicional diario recibido durante todos estos años en la universidad.

A la Ing. Lucrecia Moreno Alcívar MSc., por su tiempo, colaboración y buena voluntad en el desarrollo y culminación de este trabajo de titulación.

Al Laboratorio de Suelo, Hormigón y Pavimentos “INGEOTOP S.A.” por prestarnos sus instalaciones para las realizaciones de varios ensayos de laboratorio necesario para el desarrollo de este trabajo de investigación.

Al Ing. Gustavo García Caputi director de la empresa Emulsificadora del Pacífico EMULPAC S.A., por la donación de la emulsión asfáltica, componente fundamental en el desarrollo de este trabajo de investigación.

Al Laboratorio de Asfalto de la empresa “Concretos y Prefabricados” por abrirnos las puertas de sus instalaciones en donde se elaboraron gran parte de los ensayos de briquetas de suelo-asfalto necesarios para el desarrollo de este trabajo de investigación.

A nuestro tutor de tesis Ing. Civil Nelson Álvarez Sánchez Magister en Ingeniería Vial, por impartirnos sus exigentes y acertadas correcciones en la elaboración del presente trabajo de graduación.

Al Ing. Daniel Campoverde por colaborarnos con su conocimiento referente a este trabajo de investigación

*César Zambrano Vera*

## **DEDICATORIA**

A mi familia, les dedico con todo mi empeño y dedicación este trabajo de investigación.

*César Zambrano Vera*

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios por protegerme y darme fuerzas para superar obstáculos a lo largo de toda mi vida, a cada uno de los que son parte de mi familia a mis padres y hermanas por guiarme y estar pendiente de mi porvenir.

A la Ing. Lucrecia Moreno Alcívar, por su paciencia, apoyo y guía principal e incondicional para el desarrollo de la presente investigación.

A los docentes por impartir sus conocimientos generando sabiduría y experiencia para el desenvolvimiento eficaz en la vida profesional.

Al tutor Ing. Nelson Álvarez por impartirnos sus conocimientos y guiarnos hasta el final del trabajo de titulación.

A los señores comuneros quienes brindaron su incondicional colaboración para que este trabajo de investigación sea un éxito total.

*Danny Zavala Guanoluisa*

## **DEDICATORIA**

Quiero dedicarle este trabajo a Dios que me ha dado la vida, sabiduría y fortaleza para finalizar con entusiasmo el presente trabajo de investigación.

A mis padres por darme esa confianza y apoyo incondicional, en especial a mi madre por su ayuda y constante cooperación, A mis hermanas y amigos que me han apoyado moralmente para el desarrollo de mis actividades académicas.

A los docentes, por haber compartido sus conocimientos y enseñanzas que a lo largo del tiempo me han ayudado a desarrollarme en ámbito profesional para investigaciones y trabajos técnicos.

*Danny Zavala Guanoluisa*

## **TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

f. \_\_\_\_\_

**ING. JUAN FRANCISCO GARCÉS VARGAS, Mgp.**

DECANO DE LA FACULTAD

f. \_\_\_\_\_

**ARQ. GILDA RUBIRA GÓMEZ, MSc.**

DIRECTORA DE CARRERA

f. \_\_\_\_\_

**ING. LUCRECIA MORENO ALCIVAR, Mg.**

COORDINADOR O DOCENTE DEL ÁREA

f. \_\_\_\_\_

**ABG. VICTOR CORONEL**

SECRETARIO GENERAL

## ÍNDICE GENERAL

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>CAPITULO I</b> .....	4
1.1 Antecedentes.....	4
1.2 Planteamiento del problema.....	4
1.3 Justificación.....	6
1.4 Objetivos.....	8
1.4.1 Objetivo general.....	8
1.4.2 Objetivos específicos.....	8
1.5 Hipótesis.....	8
1.6 Variables.....	9
1.6.1 Variable independiente.....	9
1.6.2 Variable dependiente.....	9
1.7 Alcance.....	9
1.8 Metodología.....	10
<b>CAPITULO II</b> .....	12
<b>COBERTURA Y LOCALIZACIÓN</b> .....	12
2.1 Descripción de la Situación Actual.....	12
2.2 Aspectos Geopolíticos.....	14
2.3 Población.....	15
2.4 Educación.....	16
2.5 Salud.....	17
2.6 Acceso y uso de Espacio Público.....	17
2.6.1 Servicios básicos.....	17
2.6.2 Aspectos Socioeconómicos.....	19
2.6.2.1 Agricultura.....	19

2.6.2.2 Ganadería.....	19
2.6.2.3 Artesanías.....	20
2.7 Clima.....	21
2.8 Riesgos sísmicos.....	21
<b>CAPITULO III.....</b>	<b>23</b>
<b>MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>23</b>
3.1 Suelo.....	23
3.1.1 Definición.....	23
3.1.2 Origen.....	23
3.1.3 Composición de los suelos.....	24
3.1.4 Propiedades del suelo.....	24
3.1.4.1 Variación Volumétrica.....	25
3.1.4.2 Resistencia Mecánica.....	25
3.1.4.3 Granulometría.....	25
3.1.4.4 Límites de Atterberg.....	26
3.1.5 Clasificación de los suelos según AASHTO y SUCS.....	27
3.1.6 Clasificación de los suelos AASHTO.....	28
3.1.7 Clasificación de los suelos SUCS.....	30
3.2 Emulsión Asfáltica.....	37
3.2.1 Definición.....	37
3.2.2 Componentes de la Emulsión Asfáltica.....	37
3.2.3 Clasificación de las Emulsiones Asfálticas.....	38
3.2.4 Uso de la Emulsión Asfáltica.....	42
3.2.5 Variables que afectan la calidad y la performance de una emulsión asfáltica.....	42
3.2.6 Ventajas de la emulsión asfálticas.....	43
3.2.6.1 Ventajas Medioambientales.....	43

3.2.6.2 <i>Ventajas Técnicas</i> .....	44
3.2.6.3 <i>Ventajas Económicas</i> .....	44
3.2.7 <i>Limitaciones de la Emulsión Asfáltica</i> .....	44
3.2.8 <i>Requisitos de calidad de las emulsiones</i> .....	45
3.2.9 <i>Especificaciones de las emulsiones</i> .....	46
3.2.10 <i>Pruebas y ensayos de las emulsiones</i> .....	49
3.2.11 <i>Fabricación de las emulsiones asfálticas</i> .....	50
3.2.12 <i>Proceso de emulsificación</i> .....	51
3.2.13 <i>Rotura y curado de la emulsión</i> .....	52
3.2.13.1 <i>Rotura</i> .....	52
3.2.13.2 <i>Curado</i> .....	53
3.2.14 <i>Almacenamiento de las emulsiones asfálticas</i> .....	53
3.2.15 <i>Propiedades de las Emulsiones</i> .....	54
3.3 <i>Estabilización con Emulsión Asfáltica</i> .....	55
3.3.1 <i>Definición y descripción</i> .....	55
3.3.2 <i>Selección del tipo de Emulsión</i> .....	57
3.3.3 <i>Mezclas con Emulsión</i> .....	58
3.3.4 <i>Diseño de las mezclas</i> .....	60
3.3.5 <i>Agregados del material existente</i> .....	61
3.3.6 <i>Ensayos de la mezcla</i> .....	64
3.3.6.1 <i>Ensayo de los especímenes compactados</i> .....	64
<b>CAPITULO IV</b> .....	66
<b>ESTUDIO DE TRÁFICO</b> .....	66
4.1 <i>Introducción</i> .....	66
4.2 <i>Conteo de Tráfico</i> .....	66
4.3 <i>Tipos de Vehículos</i> .....	68
4.3.1 <i>Vehículos Livianos</i> .....	68

4.3.2 Vehículos Pesados.....	68
4.4 Clasificación de los Vehículos. ....	69
4.4.1 Vehículos tipo. ....	70
4.5 Conteo Volumétrico de Tráfico.....	71
4.5.1 Factor de Ajuste de 12 a 24 horas. ....	71
4.6 Determinación del Tráfico Promedio Diario Anual (T.P.D.A). ....	74
4.6.1 Cálculo del TPDS.....	74
4.6.2 Cálculo del TPDA (Existente).....	75
4.6.2.1 Factor de Ajuste Diario (Fd). ....	76
4.6.2.2 Factor de Ajuste Mensual (Fm).....	77
4.6.2.3 Índice de Crecimiento Vehicular.....	79
4.7 Transito Futuro (TF). ....	79
4.7.1 Proyección de Trafico. ....	80
4.7.2 Incremento de Transito. ....	80
4.7.3 Tránsito Generado. ....	81
4.7.4 Tránsito Desarrollado (TD). ....	83
4.7.5 Tránsito Atraído (Tat). ....	84
4.7.5 Composición del Tráfico Proyectado para 20 años. ....	84
4.8 Clasificación de la vía según el M.T.O.P. ....	85
4.8.1 Clase de Carretera según normativa M.T.O.P.....	85
4.9 Determinación de Números de Ejes Equivalentes (ESALS). ....	86
4.9.1 Tipos de Ejes.....	86
4.9.2 Cuantificación de Factor de Equivalencia de Carga, Método AASHTO simplificado. ....	88
4.9.2.1 Factor Daño. ....	88
4.9.2.2 Factor de carga equivalentes.....	88
4.9.3 Cuantificación de Factor de Equivalencia de Carga, Método AASHTO simplificado. ....	91

<b>CAPITULO V</b> .....	93
<b>ESTUDIOS GEOTÉCNICOS</b> .....	93
5.1 <i>Introducción</i> .....	93
5.2 <i>Toma de muestras previo al análisis de suelo</i> .....	93
5.3 <i>Ensayos de laboratorio</i> .....	97
5.3.1 <i>Cuarteo de muestras</i> .....	97
5.3.2 <i>Contenido de humedad</i> .....	98
5.3.3 <i>Análisis Granulométrico</i> .....	99
5.3.4 <i>Ensayos de Limite Líquido, Limite Plástico e Índice de Plasticidad</i> .....	101
5.3.5 <i>Equivalente de Arena</i> .....	104
(Norma ASTM 2419).....	104
5.3.6 <i>Abrasión por medio de la Máquina de los Ángeles</i> .....	107
(Norma ASTM C 535).....	107
5.3.7 <i>Ensayos de Compactación (Proctor Modificado)</i> .....	110
5.3.8 <i>Ensayos CBR</i> .....	112
5.3.9 <i>GEO GAUGE</i> .....	115
5.4 <i>Análisis y Aceptación de las propiedades del material granular para base</i> .....	117
5.4.1 <i>Análisis Granulométrico</i> .....	117
5.5 <i>Análisis y Aceptación de las propiedades del material granular para estabilización con emulsión asfáltica por el MTOP</i> .....	120
5.5.1 <i>Análisis de Abrasión</i> .....	121
5.5.2 <i>Análisis Índice Plástico</i> .....	122
5.5.3 <i>Análisis Equivalente de Arena</i> .....	122
5.6 <i>Diseño Marshall para mezclas en frío con emulsión asfáltica</i> .....	123
5.6.1 <i>Especificación Emulsión Asfáltica</i> .....	124
5.6.2 <i>Prueba a la emulsión asfáltica</i> .....	126
5.6.2.1 <i>Residuo por evaporación (ASTM D 244-Modificado)</i> .....	126

5.6.3	<i>Determinación del contenido tentativo de emulsión.</i>	128
5.6.4	<i>Diseño de mezclas para la fabricación de briquetas con emulsión asfáltica.</i>	130
5.6.5	<i>Ensayo de compactación por medio del martillo Marshall.</i>	136
5.6.5.1	<i>Equipos y materiales.</i>	136
5.6.5.2	<i>Preparación de la muestra.</i>	136
5.6.5.3	<i>Procedimiento de la prueba.</i>	138
5.6.5.4	<i>Extracción de briquetas.</i>	139
5.6.5.5	<i>Curado.</i>	140
5.6.5.6	<i>Determinación de la densidad Bulk.</i>	141
5.6.6	<i>Ensayos de estabilidad y flujo.</i>	142
5.6.6.1	<i>Estabilidad seca y saturada.</i>	142
5.6.6.2	<i>Flujo.</i>	142
5.6.6.3	<i>Equipos y materiales.</i>	142
5.6.6.4	<i>Procedimiento de prueba.</i>	143
5.6.6.5	<i>Corrección de estabilidad.</i>	144
5.7	<i>Resultados obtenidos del material granular estabilizado con emulsión asfáltica.</i>	147
5.7.1	<i>Análisis y aceptación de resultados.</i>	151
5.7.1.1	<i>Porcentaje de Emulsión para Diseño</i>	152
<b>CAPITULO VI</b>		153
<b>ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE.</b>		153
6.1	<i>Concepto de pavimento.</i>	153
6.2	<i>Pavimento Flexible.</i>	154
6.2.1	<i>Estructura del pavimento flexible.</i>	154
6.2.1.1	<i>Subrasante.</i>	155
6.2.1.2	<i>Mejoramiento de la subrasante</i>	155
6.2.1.3	<i>Subbase.</i>	156

6.2.1.4 Base.....	157
6.2.1.5 Base Estabilizada. ....	159
6.2.1.6 Carpeta Asfáltica.....	160
6.3 Diseño Estructural del Pavimento Flexible (Método AASTHO93).....	161
6.3.1 Variables de Diseño. ....	162
6.3.1.1 Variables de Tiempo.....	163
6.3.1.2 Tránsito, ESAL'S (W18).....	164
6.3.1.3 Confiabilidad (R).....	164
6.3.1.4 Desviación Normal Estándar (Zr).....	165
6.3.1.5 Niveles de Serviciabilidad (Po y Pt).....	166
6.3.1.6 Modulo Resiliente (Mr).....	167
6.3.1.7 Coeficientes Estructurales. ....	168
6.3.1.8 Drenaje (mi). ....	171
6.3.2 Cálculos de Número Estructural (SN). ....	173
6.3.3 Determinación de los espesores de la estructura del pavimento flexible por análisis de capas.....	177
6.3.4 Determinación de los espesores de la estructura del pavimento flexible aplicando la base estabilizada con emulsión asfáltica.....	183
<b>CAPITULO VII</b> .....	190
<b>ANÁLISIS DE COSTOS</b> .....	190
7.1 Análisis de costo.....	190
7.1.1 Costo por m2 de construcción vial. ....	190
7.1.2 Costos de Equipos y Herramientas.....	190
7.1.3 Costos de Mano de Obra.....	190
7.1.4 Costos de Materiales.....	191
7.1.5 Costos de Transporte. ....	191
7.2 Análisis Comparativo Costo / Beneficios. ....	191
7.2.1 Análisis de Precios Unitarios (APU). ....	191

7.2.2 Costo comparativo - económico para las dos alternativas de estructura de pavimento. ....	193
<b>CAPITULO VIII</b> .....	197
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.</b> .....	197
8.1 Conclusiones. ....	197
8.2 Recomendaciones. ....	200
Referencias Bibliografías. ....	201
Anexos.....	204

## ÍNDICE DE FIGURA

<i>Figura 1 Ubicación de la vía Libertador Bolívar-Sitio Nuevo</i> .....	12
<i>Figura 2 Acceso principal de la vía Libertador Bolívar-Sitio Nuevo</i> .....	13
<i>Figura 3 Inicio de la vía Libertador Bolívar-Sitio Nuevo</i> .....	13
<i>Figura 4 Vía de acceso a la comuna Sitio Nuevo</i> .....	14
<i>Figura 5 Centro poblacional de la comuna Sitio Nuevo</i> .....	14
<i>Figura 6 Cordillera Chongón-Colonche, comuna Sitio Nuevo</i> .....	15
<i>Figura 7 Varias cabezas de ganado vacuno en la comuna Sitio Nuevo</i> .....	19
<i>Figura 8 Jóvenes se dedican a la artesanía a base de tagua en la comuna Sitio Nuevo</i> .....	20
<i>Figura 9 Artesanías a base de tagua en la comuna Sitio Nuevo</i> .....	20
<i>Figura 10 Mapas de fallas de la Provincia de Santa Elena</i> .....	22
<i>Figura 11 Composición del suelo</i> .....	24
.....	24
<i>Figura 12 Consistencia del suelo</i> .....	27
<i>Figura 13 Clasificación de los suelos por el método AASHTO</i> .....	29
<i>Figura 14 Sistema unificado de clasificación de suelos SUCS</i> .....	31
<i>Figura 15 Materiales para terraplenes</i> .....	35
<i>Figura 16 Suelo de Cimentación</i> .....	36
<i>Figura 17 Diagrama Esquemático de una Emulsión</i> .....	37
<i>Figura 18 Representación de una Emulsión Aniónica y Catiónica</i> .....	39
<i>Figura 19 Requisitos de Emulsiones Asfálticas Catiónicas</i> .....	45
<i>Figura 20 Especificaciones de Emulsiones Asfálticas Aniónicas</i> .....	47
<i>Figura 21 Especificaciones de Emulsiones Asfálticas Aniónicas</i> .....	48
<i>Figura 22 Normas vigentes de ensayos en productos asfálticos</i> .....	49
<i>Figura 23 Esquema para la fabricación de emulsiones asfálticas</i> .....	50
<i>Figura 24 Diagrama de una Planta de Elaboración de Emulsión Asfáltica</i> .....	51
<i>Figura 25 Microfotografía que muestran los tamaños relativos y distribución de las partículas de asfalto en una emulsión</i> .....	52
<i>Figura 26 Usos Generales de la Emulsiones Asfálticas</i> .....	58
<i>Figura 27 Estación de Conteo (Cruce Libertador Bolívar – Sitio Nuevo)</i> .....	67
<i>Figura 28 Estación Única (Conteo de tráfico vehicular)</i> .....	67
<i>Figura 29 Modelo para el conteo volumétrico de trafico</i> .....	70

<i>Figura 30 Clasificación de vehículos de acuerdo al MTOP.....</i>	<i>71</i>
<i>Figura 31Conteo Vehicular Nocturno .....</i>	<i>72</i>
<i>Figura 32Ejes Simples .....</i>	<i>87</i>
<i>Figura 33Ejes Tándem.....</i>	<i>87</i>
<i>Figura 34Ejes Tridem.....</i>	<i>87</i>
<i>Figura 35 Ubicación de calicatas. ....</i>	<i>93</i>
<i>Figura 36Perforación de la calicata1. ....</i>	<i>94</i>
<i>Figura 37Perforación de la calicata 2 .....</i>	<i>95</i>
<i>Figura 38Perforación de la calicata3 .....</i>	<i>95</i>
<i>Figura 39Perforación de la calicata4 .....</i>	<i>96</i>
<i>Figura 40Perforación de la calicata5 .....</i>	<i>96</i>
<i>Figura 41 Cuarteo de muestras.....</i>	<i>97</i>
<i>Figura 42 Pesos húmedos del material de sitio. ....</i>	<i>99</i>
<i>Figura 43 Granulometría Método lavado (Vía húmeda).....</i>	<i>100</i>
<i>Figura 44 Granulometría tamizadora (Vía seca) - Muestras Tamizadas. ....</i>	<i>101</i>
<i>Figura 45 Ensayo de límites de Atteberg.....</i>	<i>103</i>
<i>Figura 46Vertido del material en la solución de trabajo-Agitación manual .....</i>	<i>107</i>
<i>Figura 47Periodo de sedimentación del material en la solución de trabajo .....</i>	<i>107</i>
<i>Figura 48Lavado del material previo al ensayo de abrasión de los Ángeles.....</i>	<i>109</i>
<i>Figura 49Ajuste de la tapa de la máquina de abrasión.....</i>	<i>110</i>
<i>Figura 50Retiro del material después del ensayo. ....</i>	<i>110</i>
<i>Figura 51 Ensayo Proctor Modificado.....</i>	<i>112</i>
<i>Figura 52 Ensayo CBR – Tomas de lecturas CBR.....</i>	<i>114</i>
<i>Figura 53 Prensa hidráulica – Rotura de cilindros CBR.....</i>	<i>115</i>
<i>Figura 54 Toma de lectura con Geo-Gauge – Equipo Geo-Gauge .....</i>	<i>116</i>
<i>Figura 55 Requisitos de Emulsiones Asfálticas Catiónica. ....</i>	<i>125</i>
<i>Figura 56 Materiales usados para el ensayo de residuo de evaporación.....</i>	<i>127</i>
<i>Figura 57 Ensayo de residuo de evaporación en la emulsión asfáltica.....</i>	<i>127</i>
<i>Figura 58 Mezclado de los materiales (suelo, agua y emulsión), antes de su compactación.....</i>	<i>137</i>
<i>Figura 59 Material listo para su colocación en el martillo Marshall para su compactación.....</i>	<i>137</i>
<i>Figura 60 Compactación de mezcla con emulsión asfáltica en el martillo Marshall .....</i>	<i>138</i>

<i>Figura 61 Extracción de las briquetas por medio del gato extractor.</i>	139
<i>Figura 62 Briquetas con diferentes porcentajes de emulsión.</i>	139
<i>Figura 63 Medición de las altura y diámetros de cada biqueta.</i>	140
<i>Figura 64 Curado en seco.</i>	140
<i>Figura 65 Curado en agua (saturación).</i>	141
<i>Figura 66 Sumergido de briquetas en el agua con una canastilla.</i>	141
<i>Figura 67 Aplicación y medición de cargar y flujo en las briquetas.</i>	143
<i>Figura 68 Retiro de la biqueta después de la rotura máxima.</i>	144
<i>Figura 69 Densidad Bulk vs Contenido de emulsión asfáltica.</i>	147
<i>Figura 70 Estabilidad seca y saturada vs Contenido de emulsión asfáltica.</i>	148
<i>Figura 71 Flujo vs Contenido de emulsión asfáltica.</i>	149
<i>Figura 72 Porcentaje de perdida de estabilidad vs Contenido de emulsión asfáltica.</i>	150
<i>Figura 73 Sección transversal Pavimento Flexible.</i>	154
<i>Figura 74 Gráfica para hallar el coeficiente de capa asfáltica <math>a_1</math> en función del módulo resiliente del concreto asfáltico.</i>	169
<i>Figura 75 Variación de coeficiente estructural para base granular <math>a_2</math> con diferentes parámetros de resistencia.</i>	170
<i>Figura 76 Variación del coeficiente estructural para subbase granular <math>a_3</math> con diferentes parámetros de resistencia.</i>	171
<i>Figura 77 Cálculo del Número Estructural (SN).</i>	175
<i>Figura 78 Número Estructural de la Base Granular.</i>	176
<i>Figura 79 Número Estructural de la Subbase Granular.</i>	176
<i>Figura 80 Calculo de los espesores de las capas usando la aproximación de “análisis de capas”</i>	178
<i>Figura 81 Espesores de capa de la estructura de pavimento tradicional</i>	183
<i>Figura 82 Calculo del número estructural (SN) para el pavimento con base estabilizada con emulsión asfáltica.</i>	184
<i>Figura 83 Variación del coeficiente <math>a_2</math> en bases tratadas con asfalto para diferentes parámetros de resistencia</i>	185
<i>Figura 84 Número Estructural (SN1) de la capa de rodadura.</i>	186
<i>Figura 85 Espesores de capa de la estructura de pavimento con base estabilizada con emulsión asfáltica</i>	189

## ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1</i>	<i>Coordenada del tramo de la vía Libertador Bolívar - Sitio Nuevo</i>	<i>12</i>
<i>Tabla 2</i>	<i>Tipo de población según su edad y número de habitantes</i>	<i>16</i>
<i>Tabla 3</i>	<i>Sistema Unificado de Clasificación; símbolos de grupo para suelos tipo de grava</i>	<i>32</i>
<i>Tabla 4</i>	<i>Sistema Unificado de Clasificación; símbolos de grupo para suelos arenosos</i>	<i>33</i>
<i>Tabla 5</i>	<i>Sistema Unificado de Clasificación; símbolos de grupo para suelos limosos y arcilloso</i>	<i>34</i>
<i>Tabla 6</i>	<i>Clasificación de las Emulsiones Asfálticas</i>	<i>41</i>
<i>Tabla 7</i>	<i>Tamaños promedio de partículas de una emulsión</i>	<i>52</i>
<i>Tabla 8</i>	<i>Granulometría Bases Estabilizadas con Emulsión Asfáltica</i>	<i>56</i>
<i>Tabla 9</i>	<i>Usos Principales de Mezclas con Emulsiones Asfálticas</i>	<i>59</i>
<i>Tabla 10</i>	<i>Agregados para mezcla, con emulsión, de granulometría cerrada</i>	<i>63</i>
<i>Tabla 11</i>	<i>Agregados para mezcla, con emulsión, de granulometría abierta</i>	<i>63</i>
<i>Tabla 12</i>	<i>Agregados para mezclas de arena emulsión</i>	<i>64</i>
<i>Tabla 13</i>	<i>Clasificación Vehicular</i>	<i>69</i>
<i>Tabla 14</i>	<i>Conteo vehicular, con transito nocturno y cálculo del factor de ajuste</i>	<i>72</i>
<i>Tabla 15</i>	<i>Resumen conteo vehicular semanal</i>	<i>73</i>
<i>Tabla 16</i>	<i>Factor de Ajuste diario</i>	<i>76</i>
<i>Tabla 17</i>	<i>Ajuste mensual para motos y livianos en base al consumo de combustible</i>	<i>77</i>
<i>Tabla 18</i>	<i>Ajuste mensual para buses y pesados de dos o más ejes en base al consumo de combustible</i>	<i>77</i>
<i>Tabla 19</i>	<i>Composición de Vehículos</i>	<i>78</i>
<i>Tabla 20</i>	<i>Tasas de crecimientos de transito anual</i>	<i>79</i>
<i>Tabla 21</i>	<i>Incremento de Tránsito</i>	<i>81</i>
<i>Tabla 22</i>	<i>Tránsito Generado</i>	<i>82</i>
<i>Tabla 23</i>	<i>Tránsito por desarrollo</i>	<i>83</i>
<i>Tabla 24</i>	<i>Tránsito Futuro para el año 2038</i>	<i>84</i>
<i>Tabla 25</i>	<i>Clasificación de carreteras en función del tráfico proyectado</i>	<i>85</i>
<i>Tabla 26</i>	<i>Determinación de la función de la vía</i>	<i>86</i>
<i>Tabla 27</i>	<i>Tránsito futuro para el año 2021</i>	<i>89</i>

<i>Tabla 28 Método Simplificado (N° DE ESALS).....</i>	<i>90</i>
<i>Tabla 29 Porcentaje de vehículos en el carril de diseño. ....</i>	<i>92</i>
<i>Tabla 30 Datos de las calicatas. ....</i>	<i>94</i>
<i>Tabla 31 Peso de material dependiendo del tamaño del tamiz.....</i>	<i>108</i>
<i>Tabla 32 Lecturas del Geo Gauge en sitio.....</i>	<i>117</i>
<i>Tabla 33 Granulometría de la calicata N°1, capa 1 .....</i>	<i>118</i>
<i>Tabla 34 Granulometría de la calicata N°2, capa 1 .....</i>	<i>118</i>
<i>Tabla 35 Granulometría de la calicata N°3, capa 1 .....</i>	<i>119</i>
<i>Tabla 36 Granulometría de la calicata N°4, capa 1 .....</i>	<i>119</i>
<i>Tabla 37 Granulometría de la calicata N°5, capa 1 .....</i>	<i>120</i>
<i>Tabla 38 Granulometría Combinada.....</i>	<i>121</i>
<i>Tabla 39 Porcentajes de desgaste de abrasión .....</i>	<i>121</i>
<i>Tabla 40 Índice plástico.....</i>	<i>122</i>
<i>Tabla 41 Porcentaje de equivalente de arena.....</i>	<i>123</i>
<i>Tabla 42 Granulometría Combinada.....</i>	<i>129</i>
<i>Tabla 43 Factor de Corrección de Estabilidad.....</i>	<i>145</i>
<i>Tabla 44 Propiedades de la mezcla con Emulsión Asfáltica Método Marshall .....</i>	<i>146</i>
<i>Tabla 45 Densidad Bulk (Base estabilizada con emulsión).....</i>	<i>147</i>
<i>Tabla 46 Estabilidad seca y saturada (Base estabilizada con emulsión).....</i>	<i>148</i>
<i>Tabla 47 Flujo (Base estabilizada con emulsión). ....</i>	<i>149</i>
<i>Tabla 48 Porcentaje de pérdida de estabilidad (Base estabilizada con emulsión)..</i>	<i>150</i>
<i>Tabla 49 Criterios de diseño para bases estabilizadas con emulsión asfáltica.....</i>	<i>151</i>
<i>Tabla 50 Propiedades de la base estabilizada. ....</i>	<i>152</i>
<i>Tabla 51 Clasificación del material de acuerdo al CBR.....</i>	<i>155</i>
<i>Tabla 52 Granulometría de las Sub-bases.....</i>	<i>157</i>
<i>Tabla 53 Granulometría base clase 1.....</i>	<i>158</i>
<i>Tabla 54 Granulometría base clase 2.....</i>	<i>158</i>
<i>Tabla 55 Granulometría base clase 3.....</i>	<i>159</i>
<i>Tabla 56 Granulometría para agregados de la carpeta asfáltica.....</i>	<i>160</i>
<i>Tabla 57 Periodo de diseño en función del tipo de carretera.....</i>	<i>163</i>
<i>Tabla 58 Numero de ejes equivalentes. ....</i>	<i>164</i>
<i>Tabla 59 Niveles de confianza recomendado.....</i>	<i>164</i>
<i>Tabla 60 Valores de la desviación estándar normal (ZR) para diversos grados de confiabilidad.....</i>	<i>165</i>

<i>Tabla 61 Valores Recomendados para la Desviación Estándar Total (So).</i>	166
<i>Tabla 62 Serviciabilidad Inicial (Po).</i>	167
<i>Tabla 63 Serviciabilidad Final (Pt).</i>	167
<i>Tabla 64 Tiempo de drenaje para capas de drenaje.</i>	172
<i>Tabla 65 Coeficientes de drenaje para pavimento flexible (mi) recomendados para bases y subbases granulares.</i>	173
<i>Tabla 66 Datos de entrada para el cálculo del Número Estructural (SN).</i>	174
<i>Tabla 67 Resultado del Número Estructural (SN).</i>	175
<i>Tabla 68 Datos de entrada para el diseño de la estructura del pavimento.</i>	178
<i>Tabla 69 Espesores mínimos, en pulgadas, en función de los ejes equivalentes.</i>	179
<i>Tabla 70 Estructura del pavimento flexible</i>	182
<i>Tabla 71 Resultado del número estructura (SN) para el pavimento con base estabilizada con emulsión asfáltica</i>	184
<i>Tabla 72 Datos de entrada para el diseño de la estructura del pavimento.</i>	186
<i>Tabla 73 Espesores constructivos del diseño de pavimento flexible con base estabilizada</i>	189
<i>Tabla 74 Formato para Análisis de Precios Unitarios.</i>	192
<i>Tabla 75 Costo por metro cuadrado de pavimento tradicional</i>	194
<i>Tabla 76 Costo total de la estructura del pavimento tradicional</i>	195
<i>Tabla 77 Costo por metro cuadrado de pavimento con base estabilizada</i>	196
<i>Tabla 78 Costo total de la estructura del pavimento con base estabilizada</i>	196

“ESTUDIO DE SUELO Y ESTABILIZACIÓN DEL MATERIAL GRANULAR EXISTENTE CON EMULSIÓN ASFÁLTICA PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE, EN LA VÍA LIBERTADOR BOLÍVAR- SITIO NUEVO DE LONGITUD 5 KM, DEL CANTÓN SANTA ELENA, PROVINCIA DE SANTA ELENA”

**Autor:** Zambrano Vera César Antonio

**Autor:** Zavala Guanoluisa Danny Erwin

**Tutor:** Álvarez Sánchez Nelson Edy

## RESUMEN

*En el presente trabajo de investigación pretende demostrar que el mejoramiento del material granular existente de la vía Libertador Bolívar - Sitio Nuevo, sea factible para el uso como capa base de la estructura del pavimento, por medio de la incorporación de la emulsión asfáltica. Para esto se determinaron las características físicas-mecánicas del material granular comparándolos con los requerimientos expuestos en las normas técnicas del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO), y posteriormente se diseñó una mezcla con distintos porcentajes de emulsión asfáltica. La determinación del porcentaje óptimo de emulsión asfáltica para este tipo de material en sitio fue obtenida mediante el método de ensayo Marshall para mezclas en frío. En base a los resultados obtenidos a través de los ensayos de laboratorio, se procedió a realizar el diseño de la estructura del pavimento flexible con base estabilizada, y se culminará con un análisis de costo por metro cuadrado que representará este tipo de estabilización del material en sitio como una alternativa constructiva para la vía de estudio.*

**Palabras Claves:** *Emulsión Asfáltica-Estabilización- Mezclas – Granular – Marshall -Pavimentos*

“SOIL STUDY AND STABILIZATION OF THE EXISTING GRANULAR MATERIAL WITH ASPHALTIC EMULSION FOR THE FLEXIBLE PAVEMENT DESIGN, IN THE WAY LIBERTADOR BOLÍVAR- SITIO NUEVO OF LONGITUDE 5 KM, OF THE CANTON SANTA ELENA, PROVINCE OF SANTA ELENA”

**Author:** Zambrano Vera Cesar Antonio

**Author:** Zavala Guanoluisa Danny Erwin

**Tutor:** Álvarez Sánchez Nelson Edy

### **ABSTRACT**

*In the present work of investigation pretends to demonstrate that the improvement of the existing granular material of the way Libertador Bolivar – Sitio Nuevo, is feasible for the use as base layer of the pavement structure, by means of the incorporation of the asphalt emulsion. For this, the physical-mechanical characteristics of the granular material were determined by comparing them with the requirements set out in the technical standards of the Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOPE), and subsequently a mixture was designed with different percentages of asphalt emulsion. The determination of the optimum percentage of asphalt emulsion for this type of material on site was obtained by the Marshall test method for cold mixtures. Based on the results obtained through the laboratory tests, we proceeded to design the structure of the flexible pavement with stabilized base, and it will culminate with a cost analysis per square meter that will represent this type of material stabilization in site as a alternative building to the road on study.*

**Keywords:** *Asphalt Emulsion – Stabilization – Mixtures – Granular - Marshall-Pavements*

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación consiste en un método de estabilización del material granular existente en la vía Libertador Bolívar-Sitio Nuevo de longitud igual a 5 km con emulsión asfáltica. La investigación se desarrollará en diferentes etapas, se inició con una recopilación de información, donde se realizará los antecedentes, planteamiento del problema, justificaciones, objetivos, alcances, metodología, elementos que forman la base académica del trabajo de titulación.

El estudio geotécnico, consiste en la realización de la exploración de campo y extracción de muestra en sitio según indica la Norma Ecuatoriana Vial NEVI-12-MTOP (En revisión) Sección 2B.101 para ello se van elaborar calicatas a cielo abierto aproximadamente cada 1 kilómetro para determinar las características físico-mecánicas del terreno natural a una profundidad de 1.50 m, con el fin de realizar los diferentes ensayos de clasificación de suelos cumpliendo la norma ASTM D-2488.

Además, se realizará la medición in situ de dos propiedades mecánicas del suelo como es el módulo de Young y la rigidez del suelo, a través del cual se podrá obtener la densidad de las diferentes capas del suelo, mediante el uso del GEO GAUGE H4140.

Para el diseño de la estructura del pavimento se requiere realizar estudios muy fundamentales como: el estudio de tránsito que sirve para determinar las cargas a las que va a estar sometido el pavimento durante el periodo de diseño, establecer los espesores de las capas de pavimento, la clasificación de vehículos, el factor de equivalencia de carga para cada tipo de vehículo, la distribución direccional, la distribución por carril y por último la proyección de las variables en la vida de diseño.

En los ensayos de laboratorio es donde se analizarán los tipos de suelos con el cual se trabajará el proyecto de investigación, este procedimiento se lo realiza con el fin de clasificar el suelo en sitio según los tipos de ensayos a realizar; Contenido de Humedad, es la manera de determinar cuál porcentaje de humedad fue extraído el material en sitio, la Granulometría consistirá en la separación de las partículas de suelos por rangos de tamaños, Límite Líquido se realizará con el fin de obtener el contenido de humedad expresado en porcentaje con respecto al peso seco de la muestra, por debajo del cual se presenta un comportamiento plástico, Limite Plástico que es definido como la frontera que existe entre los estados plásticos y semisólidos del suelo, ensayo de compactación Proctor es uno de los más importantes

procedimientos de estudio y control de calidad de la compactación de un terreno, a través de él es posible determinar la densidad seca máxima de un terreno en relación con su grado de humedad, a una energía de compactación determinada, el ensayo de relación de soporte de california CBR se convertirá en pieza clave en la búsqueda de evaluar la resistencia potencial del material utilizado, brindando información sobre la expansión esperada en el suelo.

La estabilización del material granular existente es un proceso de cambio de las propiedades mecánicas del suelo, mediante tratamientos físicos-químicos; definiéndose en la construcción de pavimentos como un medio de consolidación permanente de los materiales de subrasante, sub base, base granular, incrementando de manera notoria sus propiedades como son la resistencia al esfuerzo cortante, la deformabilidad o compresibilidad, la expansión y la estabilidad volumétrica ante la presencia de agua, entre otros, buscando en todos los casos, un buen comportamiento de esfuerzo deformación de los suelos en este caso la capa de rodadura existente en la vía.

Para la estabilización del material granular existente, se efectuará briquetas usando diferentes porcentajes de emulsión asfáltica, encontrando un porcentaje óptimo, así como también se evaluará la estabilidad y flujo mediante en ensayo Marshall para mezclas en frío.

Para la investigación se utilizará emulsión asfáltica, la cual otorga una adaptabilidad a las construcciones viales en la que nuevas capas se agregan en la medida que el tráfico aumenta. Debido a las propiedades impermeabilizantes, la emulsión asfáltica puede ser excelente para estabilizaciones, los progresos en la tecnología de las emulsiones asfálticas hacen posible construir carpetas asfálticas con mayor duración, con menor huella al paso vehicular, aumenta el índice de serviciabilidad de la vía, mayor resistencia a la radiación ultravioleta al igual que puede actuar como ligante para la cementación del suelo.

Una vez realizadas todos los ensayos de laboratorio con todas las muestras extraídas en sitio se procederá a trabajo de gabinete, esta etapa es el proceso en donde se analizarán todos los datos obtenidos con anterioridad sean estos de estudios de suelos y mezclas con emulsiones asfálticas y todo aquello que influyan en la investigación.

Se determinarán los espesores de capas para el diseño de la estructura del pavimento, con el fin de utilizar el material granular estabilizado con emulsión asfáltica, como capa base de la estructura del pavimento, como un alternativa ventajosa y económica, ya que esta capa trabaja como una capa impermeable, es decir, sin capacidad de drenaje (como si fuera una capa asfáltica), debido al asfalto que se encuentra en la emulsión cohesiona con los finos y gruesos del material granular y no permite que el agua sature la misma. Se tomará en cuenta el análisis de precios unitarios por metro cuadrado para determinar la rentabilidad del proyecto de investigación.

# CAPÍTULO I

## 1.1 Antecedentes.

Para tener claridad de las posibles soluciones a la problemática de la estabilidad en estructuras de pavimentos, es esencial conocer lo realizado con respecto al tema y analizar la información secundaria relacionada con la estabilidad del suelo en sitio con emulsiones asfálticas. Por lo anterior, se presentará información general y primordial sobre diferentes estudios realizados acerca de uso de materiales asfálticos como agentes estabilizantes.

La estabilización de suelos para estructuras de pavimentos es una necesidad para la construcción de vías, puesto que en la provincia no existen fuentes de explotación para obtener materiales de base y subbase aptos para una estructura del pavimento.

Según el informe del Proyecto Productivo Sitio Nuevo por parte de la prefectura de la Provincia de Santa Elena, se investigó que en la administración del período de la Sra. Ana Triviño, ex prefecta de la provincia de Santa Elena, la vía Libertador Bolívar-Sitio Nuevo cuenta en la actualidad con un material granular. Lo que se recalca y se hace énfasis en este trabajo de titulación, es proponer una alternativa ventajosa de mejorar la vía con materiales de sitio, en este caso se usará el material granular existente y estabilizarlo con emulsión asfáltica como una alternativa económica constructiva.

Además, se investigará la utilización de emulsión asfáltica como un mejoramiento del material granular existente, y reutilizarlo como base estabilizada, para que cumpla con las características técnicas para su utilización en pavimentos y garantizar por igual la calidad y desempeño en el tiempo de vida útil de la vía.

## 1.2 Planteamiento del problema.

En la provincia de Santa Elena no se conocen documentos investigativos que determinen alternativas de estabilización del suelo para vías, en este caso se presentará en la vía Libertador Bolívar-Sitio Nuevo la estabilización con emulsiones asfálticas del material granular existente, como una alternativa para bases estabilizada, reciclando dicho material y minimizando los impactos ambientales que originan las explotaciones desmedidas de las canteras de la provincia. En la actualidad entre la

comuna Libertador Bolívar-Sitio Nuevo existe una vía de acceso que no presta las condiciones necesarias para garantizar un acceso rápido a las comunidades aledañas. La carencia de materiales adecuados para construcción de pavimentos ha motivado la investigación de técnicas que consigan la estabilización o mejoramiento de materiales, mediante la manipulación o el tratamiento de materiales específicos.

El objetivo de la estabilización del material granular existente con emulsión asfálticas es obtener una técnica constructiva de bajo costo, con buenas condiciones de servicios para mejorar la red vial y con ello una mejora en la calidad de vida de los habitantes de la zona, sus aspectos sociales y económicos.

Este trabajo de titulación pretende cumplir las exigencias de las especificaciones técnicas utilizando el material existente y mejorando sus propiedades mecánicas mezclándolo con emulsiones asfálticas.

La estabilización con emulsiones asfálticas es compatible con la construcción por etapas, por la característica que permite la incorporación de nuevas capas por influencia de aumento de tráfico, una carretera con un pavimento en óptimas condiciones, permite la circulación de vehículos en condiciones de continuidad en el espacio y el tiempo y garantizar un óptimo nivel de seguridad, rapidez y confort.

El desarrollo ininterrumpido de nuevos tipos y grado de emulsiones asfálticas, sumado a equipos de construcción y practicas mejoradas, ofrecen ahora una amplia gama de elección. Virtualmente, cualquier necesidad vial puede ser abordada con emulsiones. La selección y el uso juicioso de estos materiales pueden resultar en sustanciales beneficios económicos y ambientales.

El uso de emulsiones asfálticas cobra mucho interés debido a las ventajas que presentan, ya que permite la aplicación de los asfaltos sobre el terreno en sitio a temperatura ambiente, con un control amplio en el tiempo de rompimiento de la emulsión, una línea importante de investigación en materiales asfálticos consistirá en diseñar un sistema de fácil aplicación con el material a estabilizar y es en donde se enmarca este trabajo para la obtención de una emulsión adecuada y la propiedad de adhesión con el material a estabilizar, que será utilizada como base estabilizada que de soporte a la nueva capa de rodadura.

Al aumentar día a día las poblaciones de las comunas Libertador Bolívar - Sitio Nuevo, se incrementa de igual manera la cantidad de vehículos, creando la necesidad de construir y mejorar las condiciones de la carretera existente y alargar su vida útil.

Hoy en día es necesario que la prefectura implemente técnicas innovadoras para la estabilidad de suelos para vías en sectores rurales de la provincia, como es en la vía Libertador Bolívar – Sitio Nuevo, ya que en los últimos años los vehículos que transitan tienen una mayor capacidad de carga, ya sea por motivo de aumento de población o por los productos de origen ganadero o artesanal, que brinde seguridad, economía, protección a los usuarios y al medio ambiente.

La estabilización con emulsión asfáltica resulta de gran importancia para la industria de la ingeniería civil de manera considerable, ya que permite la utilización de materiales en sitio como material reciclado que da como consecuencia una disminución del impacto ambiental por la explotación de canteras.

La comuna Sitio Nuevo está integrada por una población dedicada a la agricultura, la artesanía y ganaderías y al no contar con una vía de acceso favorable que permita la circulación de sus pobladores hacia la comuna Simón Bolívar, dificulta la salida de sus productos, encareciendo su transporte por los daños que sufren los automotores al circular en una vía en mal estado.

Cabe resaltar que la movilización actual de los habitantes de Sitio Nuevo hacia la comuna Libertador Bolívar se realiza por medio de motocicleta y camioneta fletera con un costo de \$0,50 centavos de dólares, lo que genera molestia a los usuarios por el alto costo al no contar con un servicio de transporte público que los movilice hacia su destino.

### **1.3 Justificación.**

Este estudio nace por necesidad de investigar nuevos métodos que beneficien la rentabilidad y optimización de los recursos económicos del estado para vías de tercer orden, se propone a continuación el estudio de suelo y estabilización del material granular existente con emulsión asfáltica para el diseño de pavimento flexible, en la vía Libertador Bolívar-Sitio Nuevo, ubicada en la provincia de Santa Elena, como una alternativa para mejorar la capacidad de soporte o resistencia a la deformación por esfuerzos cortante bajo las cargas de tránsito. La utilización de emulsión asfáltica pretende minimizar los espesores de capas de rodadura, mantenimiento, reconstrucción y rehabilitación, además de evitar costos de explotación de canteras.

El proyecto de investigación “Estudio de suelo y estabilización del material granular existente con emulsión asfáltica para el diseño de pavimento flexible, en la vía Libertador Bolívar - Sitio Nuevo de longitud 5 km, del Cantón Santa Elena, Provincia de Santa Elena” tiene como justificación contribuir al desarrollo y mejorar la calidad de la vía de acceso que beneficie directamente en la vida de los habitantes de la comuna de Sitio Nuevo, además con la implementación de este proyecto se espera:

- Aportar con la estabilidad del material granular existente por medio de la utilización de emulsión asfáltica, que dé como consecuencia una futura carretera en óptimas condiciones que facilite la comunicación hacia la comuna Sitio Nuevo y así contribuir con el mejoramiento de la red vial de la provincia de Santa Elena.
- Beneficiar a los habitantes pertenecientes a la comuna Sitio Nuevo por medio de una vía de acceso de bajo costo, por medio del mejoramiento del material en sitio, como una alternativa viable que mejorará el desempeño del pavimento, brindando mejores condiciones de transporte y por ende la mayor comercialización de los productos que produce la comunidad, ya sean estos de origen agrícola, ganadero y artesanal.
- Promover el progreso tanto de la comercialización de sus artesanías, que es la especialidad de la comuna Sitio Nuevo, así como del turismo ya que se encuentra en un lugar privilegiado rodeado de un paisaje majestuoso de montañas propias de la zona de la cordillera Chongón-Colonche.
- Con la estabilización del material existente se evitará la utilización de los materiales usados comúnmente en la construcción de carreteras, tales como rocas, gravas, arenas, etc., que normalmente son extraídos y procesados en bancos de materiales, que se encuentran en estado natural y reduciendo el impacto ambiental por la extracción y explotación de esos materiales.

## **1.4 Objetivos.**

### **1.4.1 Objetivo general.**

Realizar el estudio de suelo y estabilizar el material granular existente con emulsión asfáltica para obtener el diseño de pavimento flexible, en la vía Libertador Bolívar – Sitio Nuevo de longitud 5 Km, del Cantón Santa Elena, Provincia de Santa Elena.

### **1.4.2 Objetivos específicos.**

- Estudiar el tráfico existente para obtener el ESAL'S de diseño.
- Realizar ensayos de laboratorio que establezcan las propiedades mecánicas del material a estabilizar.
- Determinar las características y el empleo de emulsiones asfálticas aplicables para la estabilización de la capa de rodadura existente.
- Diseñar la estructura de pavimento para una vida útil de 20 años, para la vía de estudio.
- Analizar el costo por metro cuadrado de la estructura del pavimento flexible tradicional y de la estructura del pavimento con base estabilizada con emulsión asfáltica, con sus respectivos costos unitarios.

## **1.5 Hipótesis.**

Si se estabiliza el material existente, con un porcentaje óptimo de emulsión asfáltica, mejorará su capacidad portante y resistencia al corte de la vía Libertador Bolívar- Sitio Nuevo.

## **1.6 Variables.**

### **1.6.1 Variable independiente.**

Material granular existente estabilizada con emulsión asfáltica de la vía libertador bolívar-Sitio Nuevo.

### **1.6.2 Variable dependiente.**

Mejorar la capacidad portante y resistencia al corte del material en sitio existente.

## **1.7 Alcance.**

El trabajo de investigación plantea demostrar que el mejoramiento del material granular existente de la vía de acceso Libertador Bolívar-Sitio Nuevo, sea factible para el uso como base de pavimento, por medio de la incorporación de emulsión asfáltica y demostrar la reducción del espesor de la carpeta asfáltica lo que significará una reducción de costos de pavimentación. Para dicho estudio se tendrá en cuenta los siguientes aspectos a alcanzar:

- Análisis de las características del material en sitio provenientes de la vía Libertador Bolívar-Sitio Nuevo del cantón Santa Elena, Provincia de Santa Elena, mediante ensayos de laboratorio.
- Mediante el uso del Geo Gauge se podrá medir el módulo de Young de las capas del material en sitio y medir la variabilidad en la rigidez a lo largo de su estructura actual.
- Comparación de las características verificadas del material en sitio con las especificaciones establecidas por el MTOP para el uso de materiales con emulsiones asfálticas.
- Selección de porcentaje de la emulsión asfáltica y el contenido teórico adecuado para la estabilización de este tipo de materiales en el sitio.
- Fabricación de briquetas con la mezcla de material de sitio y emulsión asfáltica, adoptando como guía el Método Marshall para mezclas en frío.
- Producción de briquetas con diferentes contenidos de emulsión, para determinar el contenido óptimo de emulsión para este tipo de material obtenidas en sitio.

- Diseño de la estructura del pavimento para verificar que el material granular existente rehabilitada sirva como base estabilizada con emulsión asfáltica, y asegure el tiempo de vida útil de la carretera.
- Esta investigación dará como resultado una guía que facilite el estudio de la estabilización con emulsión asfáltica y que sirva como una guía para futuros proyectos viales con emulsión asfáltica

El presente trabajo culminará con un análisis de costo por metro cuadrado que representará este tipo de estabilización del material en sitio como una alternativa económica constructiva para la vía de estudio.

### **1.8 Metodología.**

Las fases que se interpretaron para el desarrollo del presente estudio son las siguientes actividades:

- Se procedió a recopilar información teórica para la realización de este tipo de estabilización.
- Recopilación de información general de la vía Libertador Bolívar-Sitio Nuevo del cantón Santa Elena, y se realizará el estudio de tráfico vehicular mediante aforos de tránsito, para así poder clasificar la vía de acuerdo al Ministerio de Transporte y Obras Públicas.
- Se realizará un estudio geotécnico en la vía de estudio, según indica la Norma Ecuatoriana Vial NEVI-12- MTOP (En revisión) Sección 2B.101, para ello se elaborará calicatas cada kilómetro, con un total de 5 calicatas.
- Determinar las propiedades físicas y mecánicas del material granular existente, bajo las especificaciones establecidas por el MTOP.
- Se utilizó un procedimiento nuevo mediante el uso del Geo gauge, consistió en aplicar una fuerza vibratoria a 25 frecuencias específicas, que producen pequeñas desviaciones en el material en sitio el cual propondrá información donde se podrá medir la uniformidad de las capas del material en sitio y medir la variabilidad en la rigidez a lo largo de su estructura actual.
- Se determinará el porcentaje óptimo de emulsión asfáltica, fabricación de briquetas con diferentes porcentajes de emulsión asfáltica aplicando el método

Marshall para este tipo de estabilización de mezclas en frío, y la determinación de las propiedades de estabilidad seca y saturada, densidad Bulk y flujo.

- Diseñar los espesores de capas del pavimento a partir del mejoramiento del material granular existente rehabilitada como base estabilizada con emulsión asfáltica.
- Finalmente se realizará un análisis de costo general por metro cuadrado con su respectivo costo unitario, que representará este tipo de estabilización como una alternativa ventajosa para la vía de estudio.

## CAPÍTULO II

### COBERTURA Y LOCALIZACIÓN.

#### 2.1 Descripción de la Situación Actual.

La comuna Sitio Nuevo se encuentra ubicada dentro de la jurisdicción de la parroquia Manglaralto, del Cantón y Provincia de Santa Elena, está ubicada en la Ruta del Spondylus hacia el norte partiendo desde la ciudad de Santa Elena (65 Km), su población tiene límites territoriales que se encuentra ubicada: al Oeste con la Comuna Libertador Bolívar y Valdivia, al Norte con las Comunas Libertador Bolívar y San Antonio, al Este con las Comunas Sinchal-Barcelona y Loma Alta y al Sur con la comuna Sinchal-Barcelona de la parroquia de Colonche.

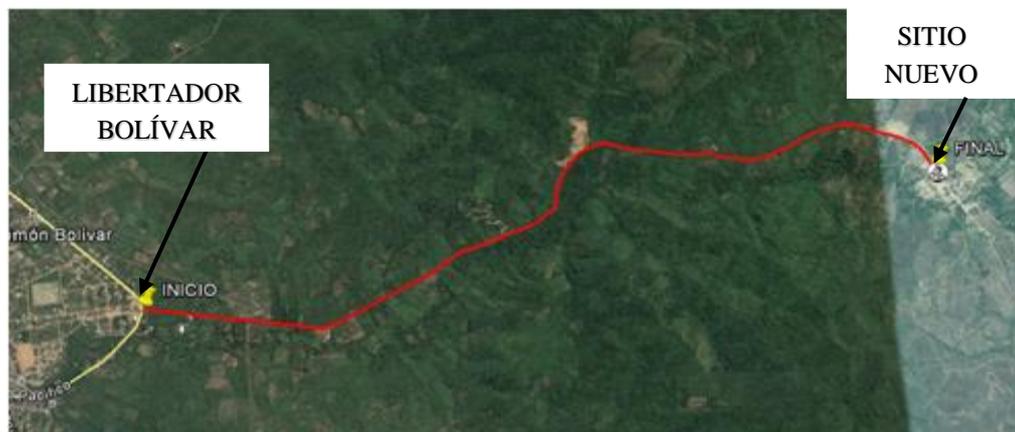
El estudio de la vía Libertador Bolívar-Sitio Nuevo inicia en la comuna Libertador Bolívar, avanzando hacia el Este hasta llegar a la comuna Sitio Nuevo, con una longitud aproximada de 5 km. La vía principal de acceso se encuentra en las siguientes coordenadas:

*Tabla 1*

*Coordenada del tramo de la vía Libertador Bolívar - Sitio Nuevo*

COORDENADAS UTM ZONA 17 S		
Inicio: Comuna Libertador Bolívar	530362.00 E	9792497.00 N
Fin: Comuna Sitio Nuevo	534863.00 E	9793054.00 N

*Elaborado: Danny Zavala – Cesar Zambrano*



*Figura 1 Ubicación de la vía Libertador Bolívar-Sitio Nuevo*

*Fuente: Google Earth*

La vía actual que une las comunas Simón Bolívar-Sitio Nuevo, se encuentra en condiciones precarias e inadecuadas para prestar un buen servicio de circulación vehicular, además dichas condiciones se agravan en época lluviosa, como se puede apreciar en las figuras 3 y 4.



*Figura 2 Acceso principal de la vía Libertador Bolívar-Sitio Nuevo*

*Fuente: Danny Zavala- César Zambrano*



*Figura 3 Inicio de la vía Libertador Bolívar-Sitio Nuevo*

*Fuente: Danny Zavala- César Zambrano*



*Figura 4 Vía de acceso a la comuna Sitio Nuevo*  
*Fuente: Danny Zavala- César Zambrano*



*Figura 5 Centro poblacional de la comuna Sitio Nuevo*  
*Fuente: Danny Zavala- César Zambrano*

## **2.2 Aspectos Geopolíticos.**

Según relatos de los más ancianos se tiene información que la comunidad nace a finales del siglo XVIII, con personas que llegaron de San Pedro, Sinchal y Barcelona (Apolinario, Láñez Escalante y Borbor) de pueblos de la parroquia de Colonche (Del Pezo y Rosales), de Manabí (Pincay) y de Durán (Tomalá). Llegaron con el propósito de cultivar este valle porque nadie era dueño de esas tierras y construyeron sus viviendas en sus propias fincas. (Asociación de Artesanos, 2012)

La comuna Sitio Nuevo fue fundada el 20 de octubre de 1937 y fue reconocida jurídicamente por ley el 22 de febrero de 1938. La población de Sitio Nuevo se encuentra rodeada de un paisaje de montañas propios de la zona, debido a la influencia de la Cordillera Chongón – Colonche (figura 6), tiene muy poca afluencia de turismo, sin embargo, presenta un potencial económico en sus recursos humanos y naturales.



*Figura 6 Cordillera Chongón-Colonche, comuna Sitio Nuevo*

*Fuente: Danny Zavala- César Zambrano*

La comuna está afiliada a la Federación de Comunas de la Provincia, además, cuenta con los requisitos legales tales como: RUC 249000246700, un correo electrónico [comunasionuevo@hotmail.com](mailto:comunasionuevo@hotmail.com) una página web : [www.comunasionuevo.com](http://www.comunasionuevo.com) y está registrada en el Registro Único de los Organizaciones de la sociedad Civil del Ecuador. Su órgano administrativo y representativo es el Cabildo que está integrado por un presidente, vicepresidente, tesorero, síndico y secretario, cuyas funciones duran un año, pudiendo ser reelegidos total o parcialmente. (Asociación de Artesanos, 2012)

### **2.3 Población.**

En la Comuna se tiene una población de 536 habitantes, de los cuales 290 son varones y 246 son mujeres (según último censo comunal de enero del 2011) distribuidos en 116 familias que habitan una cantidad de 80 viviendas asentadas en un área un área de 900000 m<sup>2</sup> aproximadamente. (Asociación de Artesanos, 2012)

*Tabla 2*  
*Tipo de población según su edad y número de habitantes*

<b>Tipo de Población</b>	<b>Número de habitantes</b>
Tercera edad varones (65 años en adelante)	15
Tercera edad mujeres (65 años en adelante)	13
Adultos mayores de 20 años varones (20-64 años)	132
Adultos mayores de 20 años mujeres (20-64 años)	104
Jóvenes y adolescentes varones (13-19 años)	39
Jóvenes y adolescentes mujeres (13-19 años)	46
Niños	105
Niñas	82
<b>Total</b>	<b>536</b>

*Fuente: (Asociación de Artesanos, 2012)*

Para este año 2018 se estima una población de 1400 habitantes aproximadamente.

## **2.4 Educación.**

La comuna sitio nuevo cuenta solo con un centro educativo “Escuela fiscal Mixta N° 16 Eloy Alfaro, fundada el 29 de junio del año de 1939, la cual nace como una escuela Unidocente Municipal con la participación de la profesora Roberta Mateo Suarez quien se desempeñó como tal por más de medio siglo, en la actualidad cuenta con la participación de seis profesores con 8 años de educación básica. Además, también se cuenta con el Centro de Desarrollo Infantil N° 355 “Virgen de Fátima” que acoge a más de 50 niños gracias al apoyo del INNFA-MIES, todo esto se logró concretar gracias a las gestiones del cabildo de la Comuna (Asociación de Artesanos, 2012)

Gracias a estos tipos de establecimientos educativos dentro de la comuna Sitio Nuevo, la niñez y adolescencia puede tener acceso a la educación básica y una mínima parte a la educación media dando la opción de terminar los estudios secundarios en otros establecimientos educativos fuera de la comuna y esto a su vez les da la oportunidad de seguir estudiado a un nivel superior en las Universidades ya sea dentro de la provincia o fuera de la misma, que sin duda es de mucha importancia e indispensable para un adecuado desarrollo académico y profesional para esta población.

## **2.5 Salud.**

Los habitantes de la comuna Sitio Nuevo actualmente no cuentan con un Centro de Salud dentro de la población al igual que la Comuna Libertador Bolívar, sin embargo, para cualquier emergencia de salud se dirigen hasta al Centro de Salud Hospital de Manglaralto, el cual es el centro hospitalario más cercano.

En la comunidad existen varios comuneros afiliados al Seguro Social Campesino, lo que les permite ir al Dispensario Barcelona (ubicado en la comuna Barcelona, parroquia Manglaralto). Gracias al apoyo del gobierno se logró brindar una atención médica mensual con la participación de médicos destinados a este propósito, logrando así dar una atención más cómoda y en la propia comunidad, a pesar de que algunas personas prefieren la atención de un médico particular. (Asociación de Artesanos, 2012, pág. 7)

## **2.6 Acceso y uso de Espacio Público.**

Actualmente la comuna de Sitio Nuevo no cuenta con una cooperativa de transporte, lo que dificulta la salida y entrada de sus habitantes hacia las demás localidades de la provincia de Santa Elena, sin embargo, hace unos quince años existen camionetas fleteras que realizan el transporte de pasajeros con un costo de \$ 0,50, al igual que las motocicletas, con un tiempo aproximado de viaje de 15 minutos.

La comuna cuenta con el asfaltado de las calles principales y callejones, además de una nueva Iglesia de la Virgen de Fátima inaugurada en el mes de mayo del presente año.

El tipo de vivienda en la mayoría de los casos son casas pequeñas de bloque y en otros casos son de construcción mixta, es decir, hechas de tabla, bloques y caña gradúa (bambú).

### **2.6.1 Servicios básicos.**

- ✓ **Energía Eléctrica**

La comuna cuenta hace 40 años aproximadamente con el servicio de distribución del fluido eléctrico provisto de la Central de Distribución de Santa Elena hoy CNEL (Corporación Nacional de Electricidad) del cual se benefician todos los habitantes.

#### ✓ **Agua**

En el pasado la comunidad se abastecía de agua de pozo (elaborados por ellos mismos) ubicado en un río que atraviesa el centro de la población. En el 2011 gracias al apoyo económico de la Iglesia Presbiteriana de Oregon (EE. UU), se construyó un sistema de distribución de agua a través de piletas públicas, es decir, reciben el servicio a través del acceso a pequeñas fuentes de abastecimiento de agua de uso público o multifamiliar en donde las familias deben transportar el agua hasta sus domicilios. En mayo del mismo año comenzó la distribución a través de conexiones domiciliarias o familiar, conectadas a una red pública, proyecto que fue financiado y ejecutado por el municipio de Santa Elena, además este sistema de distribución de agua es administrado por un Comité Interno superior de la Comuna. (Asociación de Artesanos, 2012)

#### ✓ **Comunicación**

Actualmente la comunicación es deficiente, ya que no hay ninguna empresa telefónica con la suficiente cobertura de señal para servir a la comunidad.

#### ✓ **Manejo de residuos solidos**

“La fundación Salud Publica Internacional en convenio con el IMSE, en su proyecto Salud Para el Pueblo, realiza la recolección de residuos sólidos los días miércoles y sábados, logrando así un mejor control sanitario” (Asociación de Artesanos, 2012, pág. 8).

#### ✓ **Alcantarillado sanitario y pluvial**

“La comuna no posee alcantarillado sanitario, sin embargo, los habitantes se han visto obligados a buscar proyectos de letrinización, con lo que ha logrado dar cobertura a la mayoría de la población” (Asociación de Artesanos, 2012). Sin embargo, en mayo de este año el GAD de Santa Elena entrego la obra de instalación de 120 líneas de conducción de tubería para descargas de aguas lluvias, con lo que beneficiará a todos los habitantes de la comuna.

## **2.6.2 Aspectos Socioeconómicos.**

La población de la comuna Sitio Nuevo se dedica principalmente a las actividades económicas de la agricultura, ganadería y artesanías.

### **2.6.2.1 Agricultura.**

En esta actividad económica se ha convertido en el principal medio de ingreso económico, desde los primeros días de existencia de la comunidad y se mantiene hasta la actualidad, en donde se dedican cerca de un 35% de los habitantes por medio de dos tipos de siembra: de ciclo de cultivos corto y ciclo de cultivos perennes. (Asociación de Artesanos, 2012).

Para cultivos de ciclo cortos se cuenta con: hierba luisa, tomate, pimiento, sandía, melón, cebolla colorada, frijoles y yuca.

Para cultivos de ciclo perennes se cuenta con: ciruelas, limón, papaya, plátano, toronja, naranja, mandarina, lima y caña de azúcar.

Por lo general las personas que se dedican a la agricultura, y siembran en los lugares más alejados del pueblo principalmente en las montañas.

### **2.6.2.2 Ganadería.**

“En esta actividad económica se dedican cerca de un 5% de la población total con la cría y reproducción de ganado vacuno, equino, caprino y porcino, así como también con la cría de aves de corral” (Asociación de Artesanos, 2012, pág. 6). También se produce leche y carne de res para la comercialización y consumo local.



*Figura 7 Varias cabezas de ganado vacuno en la comuna Sitio Nuevo*

*Fuente: Danny Zavala- César Zambrano*

### 2.6.2.3 Artesanías.

Los habitantes de la comuna Sitio Nuevo son muy reconocidos a nivel provincial por la elaboración de artesanías a base de taguas.

En esta actividad se dedican en su mayoría jóvenes en un 45% de la población total y comenzó hace unos quince años aproximadamente, gracias al apoyo de entidades (ProPueblo) cuyos objetivos están direccionados a mejorar la calidad de vida de las comunidades con poca atención de las autoridades gubernamentales. Los trabajos que se elaboran a base de tagua son: adornos, bisutería, utensilios prácticos y de oficina, además también se utiliza otros tipos de materiales tales como: cacho de vaca, chonta, bambú y semillas de la zona. Gracias a la empresa ProPueblo estos productos tienen la posibilidad de ser exportados a mercados internacionales tales como de Centro América, Europa, Estados Unidos y Asia, así como también a la venta a nivel nacional. (Asociación de Artesanos, 2012)



*Figura 8 Jóvenes se dedican a la artesanía a base de tagua en la comuna Sitio Nuevo*

*Fuente: (Asociación de Artesanos, 2012)*



*Figura 9 Artesanías a base de tagua en la comuna Sitio Nuevo*

*Fuente: (Asociación de Artesanos, 2012)*

## **2.7 Clima**

“En la provincia de Santa Elena en la mayoría de su territorio presenta un clima, que es el más representativo de la provincia, el tropical megatérmico de árido a semiárido” (PD y OT GADPR Manglaralto, 2014). Además, la península de Santa Elena “la mayor parte del tiempo se encuentra bajo la influencia de la corriente fría de Humboldt. Masas de aire marítimo relativamente frío invaden la faja costanera dando lugar a neblinas y lloviznas con valores de precipitaciones muy débiles, determinando un clima seco. Sin embargo, tiene una influencia muy importante en las partes altas de los relieves (Cordillera Costanera) donde son responsables de zonas notablemente más húmedas. (INAMHI, 2010) (Clima e Hidrología, 2012, pág. 1)

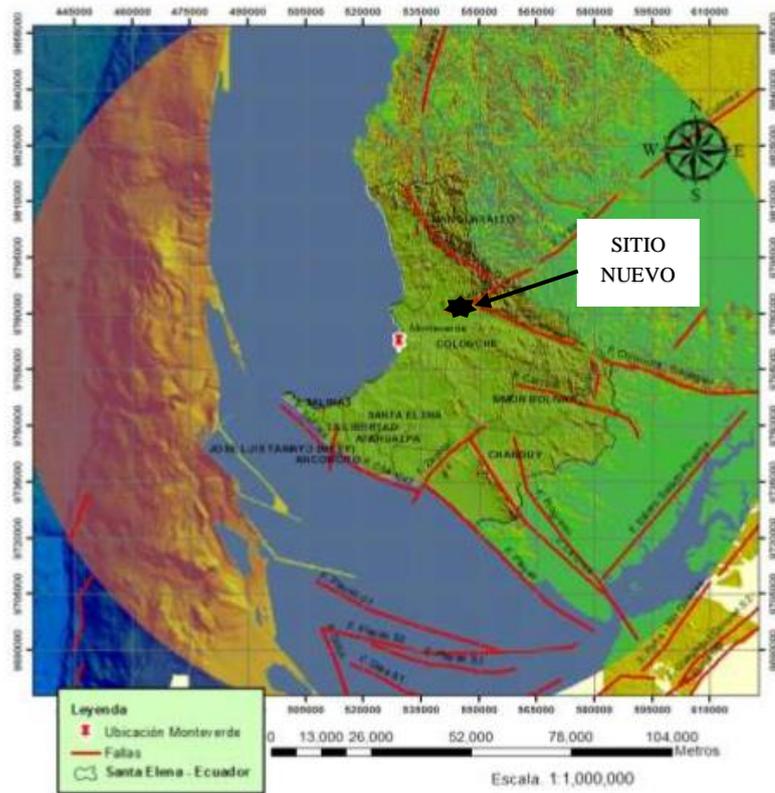
En caso de la comuna Sitio Nuevo de la parroquia de Manglaralto la zona climática se la considera de clima tropical húmedo por la influencia de la Cordillera Chongón - Colonche, la temperatura promedio es de 25°C, sin embargo, se presenta en el mes de agosto el menor valor de temperatura de 21°C y los valores más altos se encuentran en los meses de febrero-abril con 27- 29°C. Con precipitaciones promedios de 300- 500 mm

## **2.8 Riesgos sísmicos.**

En la comuna Sitio Nuevo de la parroquia Manglaralto, se encuentra situada en una zona de alta complejidad tectónica, en donde las placas de Nazca y Sudamericana se encuentran generando una alta actividad sísmica” (PD y OT GADPR Manglaralto, 2014, pág. 18).

Se debe tomar en cuenta que en la cuenca de la parroquia de Manglaralto se encuentran numerosas fallas definidas por la DGFM, (1974). De orientación NW-SE o NNW-SSE con predominancia de movimiento vertical, sin embargo también existe fallas de desplazamiento horizontales y de cizalla como las fallas de la Rinconada, Punta Montañita, La Entrada y Rio Manglaralto de dirección NE-SW y se relaciona con la segunda fase de orogénesis de la cordillera de los Andes. (Valencia Robles, 2017, págs. 96-97)

Además, existe una falla de gran consideración en la población de Sitio Nuevo, la falla Colonche y se define como una falla al sur de la Cordillera Chongón-Colonche. Probablemente sea una falla reactivada asociada a la formación de la cuenca de Progreso en el Terciario, en una inversión tectónica. Las rocas del sótano oceánico se levantan en el norte. La zona de falla tiene cuatro trazas que se extienden por más de 100 km en dirección sureste desde cerca de la costa del Pacífico hasta Guayaquil. (Eguez , y otros, 2003, pág. 10)



*Figura 10 Mapas de fallas de la Provincia de Santa Elena*  
*Fuente: Cartografía del Ecuador, Shapefiles (Baque Dominguez & Lema Cefla, 2013)*

## CAPÍTULO III

### MARCO TEÓRICO.

#### 3.1 Suelo.

##### 3.1.1 Definición

En el sentido general de la ingeniería, suelo se define como el agregado no cementado de granos minerales y materia orgánica descompuesta (partículas sólidas) junto con el líquido y gas que ocupan los espacios vacíos entre las partículas sólidas. El suelo se usa como material de construcción en diversos proyectos de ingeniería civil y sirve para soportar las cimentaciones estructurales. Por esto, los ingenieros civiles deben estudiar las propiedades del suelo, tales como origen, distribución granulométrica, capacidad para drenar agua, compresibilidad, resistencia cortante, capacidad de carga, y otras más. (Das, 1985, pág. 1)

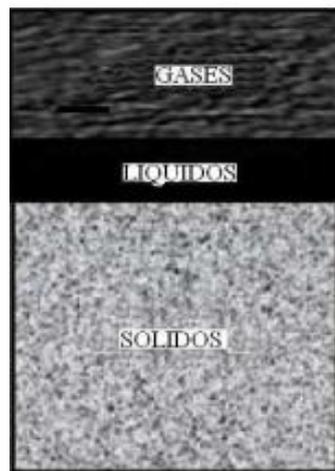
Para los fines de esta obra, la palabra “Suelo” representa todo tipo de material terroso, desde un relleno de desperdicio, hasta areniscas parcialmente cementadas o lutitas suaves. Quedan excluidas de la definición las rocas sanas, ígneas o metamórficas y los depósitos sedimentarios altamente cementados, que no se ablanden o desintegran rápidamente por acción de la intemperie. El agua contenida juega un papel tan fundamental en el comportamiento mecánico del suelo, que debe considerarse como parte integral del mismo. (Juárez Badillo & Rico Rogríguez, 2005, pág. 34)

##### 3.1.2 Origen

Los suelos son el resultado de un proceso de formación de la materia orgánica o de la “Roca Madre”, esta mutación no alcanza un estado de líquido permanente, ya que continuamente intervienen agentes o factores de formación, que modifican la característica física y químicas del suelo. De manera que la “roca madre”, que se convierte en suelo puede ser de origen ígneo, sedimentario o metamórfico. (Almeida Navarrete & Sánchez Quintero, 2011, pág. 5)

### 3.1.3 Composición de los suelos

Un suelo está constituido por tres partes, una parte sólida, otra líquida y otra gaseosa. La parte sólida está formada en su mayoría por minerales del suelo, la parte líquida está compuesta por el agua, aunque en el suelo puedan existir otros líquidos de menor significación, la parte gaseosa la comprende principalmente el aire, pero también pueden estar presentes otros gases (vapores sulfuros, anhídrido carbónico, etc.). La siguiente figura representa un esquema de una muestra de suelo, con sus partes principales: (Quiroz Vargas , 2017, pág. 4)



*Figura 11 Composición del suelo*  
*Fuente: (Quiroz, 2017, p.4)*

### 3.1.4 Propiedades del suelo.

“Las propiedades físicas y mecánicas de los suelos, varían según su graduación, su contenido de humedad, su posición vertical con relación a la superficie, su localización geográfica” (González Escobar, Jiménez Angulo, & López Cornejo, 2007). Además, a los diversos ensayos de laboratorio que es sometido el suelo. Entre las propiedades físicas de los suelos que más son utilizadas están: variación volumétrica, granulometría, límites de Atterberg, resistencia mecánica, entre otros.

#### **3.1.4.1 Variación Volumétrica.**

Ante la presencia de agua los suelos presentan cambios de humedad, lo que produce una contracción o expansión, es decir una variación de su volumen.

Las presiones de expansión que se desarrollan debido a incrementos en la humedad deben ser controladas, ya que estas presiones pueden levantar pavimentos, inclinar postes, fracturar muros, romper tubos de drenaje, etc., por lo cual es de suma importancia detectar a los suelos expansivos, su composición y el tratamiento más adecuado para evitar las contracciones y la expansividad. (González Escobar, Jiménez Angulo, & López Cornejo, 2007, pág. 21)

#### **3.1.4.2 Resistencia Mecánica.**

“Un parámetro muy importante de determinar en los suelos es la humedad, ya que de esta depende en gran parte la resistencia a carga que un suelo posee, así también la estabilidad” (Calidonio Molina, Carrillo Calderón, & Meléndez Contreras, 2010, pág. 97). Si en los suelos se sobrepasan los límites de humedad y no son controlados, esto derivará en la pérdida de la capacidad de resistencia mecánica del suelo lo que conlleva a deformaciones considerables, tales como los hundimientos, grietas, cuarteamientos, hinchamientos, etc., todos estos, resultan factores negativos en cualquier construcción de obra civil y que se manifiestan por medio de fisuras, grietas, alabeo o desplomos que pueden producir, en casos extremos, el colapso de la obra o su inutilización e inclusive un futuro abandono.

#### **3.1.4.3 Granulometría.**

El análisis granulométrico se refiere a la determinación de la cantidad en por ciento de los diversos tamaños de las partículas que constituyen el suelo. Para el conocimiento de la composición granulométrica de un determinado suelo existen diferentes procedimientos. Para clasificar por tamaños las partículas gruesas el procedimiento más expedito es el del tamizado. (Crespo Villalaz, 2004, pág. 46)

Para un ensayo granulométrico, se hace pasar una muestra de suelo a través de una serie de tamices, con sus respectivos tamaños de abertura de forma decreciente.

Algunas clasificaciones granulométricas de los suelos según sus tamaños son los siguientes:

a) Clasificación Internacional.

Tamaño en mm				
2,0	0,2	0,02	0,002	0,0002
Arena Gruesa	Arena Fina	Limo	Arcilla	Ultra-Arcilla (coloides)

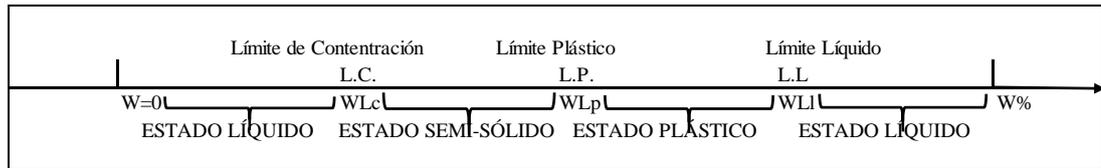
b) Clasificación de Massachusetts Institute of Technology (M.I.T.)

Tamaño en mm								
2,0	0,6	0,2	0,06	0,02	0,006	0,002	0,0006	0,0002
Gruesa	Media	Fina	Gruesa	Media	Fina	Gruesa	Media	Fina (Coloidales)
Arena			Limo			Arcilla		

*Fuente:* (Juárez Badillo & Rico Rogrígez, 2005, págs. 98-99).

#### 3.1.4.4 Límites de Atterberg

La plasticidad es la propiedad que presentan los suelos de poder deformarse, hasta cierto límite, sin romperse. Por medio de ella se mide el comportamiento de los suelos en todas las épocas. Las arcillas presentan esta propiedad en grado variable. Para conocer la plasticidad de un suelo se hace uso de los límites de Atterberg, quien por medio de ellos separó los cuatro estados de consistencia de los suelos coherentes. (Crespo Villalaz, 2004, pág. 69)



*Figura 12 Consistencia del suelo*

*Fuente:(Crespo,2004, p.69)*

Según su contenido de humedad los suelos son capaces de deformarse o de ser remodelados y adoptará una consistencia característica, en este caso se las puede clasificar en cuatro estados como son: estado sólido, estado semisólido, estado plástico y estado líquido. En la ingeniería se puede determinar la plasticidad de los suelos por medio de ensayos de laboratorio que ayudan a determinar los límites líquidos y plásticos del suelo.

**Límite Líquido:** “El límite líquido se define como el contenido de humedad expresado en por ciento con respecto al peso seco de la muestra, con el cual el suelo cambia del estado líquido al plástico” (Crespo Villalaz, 2004, pág. 70).

**Límite Plástico:** “El límite plástico se define como el contenido de humedad, expresado en por ciento con respecto al peso seco de la muestra secada al horno, para el cual los suelos cohesivos pasan de un estado semisólido a un estado plástico” (Crespo Villalaz, 2004, pág. 77).

La diferencia entre el límite líquido y límite plástico es el Índice Plástico, está representado por el límite de humedad del estado plástico de un suelo.

$$IP= LL-LP$$

### 3.1.5 Clasificación de los suelos según AASHTO y SUCS

Teniendo en cuenta que en la naturaleza existen una gran variedad de suelos, la ingeniería de suelos ha desarrollado algunos métodos de clasificación de los mismos. Cada uno de estos métodos, tienen, prácticamente, su campo de aplicación según la necesidad y uso que los haya fundamentado. (Montejo Fonseca , 2002, pág. 43)

Actualmente en el campo de la Ingeniería Civil para el desarrollo de los estudios de suelos, se utilizan los sistemas de clasificación de suelos de la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) para carreteras y aeropistas y el Unified Soil Classification System conocido como Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.) para otras obras.

### 3.1.6 Clasificación de los suelos AASHTO

En este sistema los suelos inorgánicos se clasifican en siete grupos con una nomenclatura que va desde el A-1 al A-7, y estos a su vez se dividen en: A-1-a, A-1-b, A-3, A-2-4, A-2-5, A-2-6, A-2-7, A-4, A-5, A-6, A-7-5, A-7-6, dando un total de 12 subgrupos los mismos que dependen en gran medida del análisis granulométrico y de los límites de Atterberg. Además, estos siete grupos se dividen en dos categorías de suelos, que son suelos granulares: que constituye los grupos A-1, A-2 y A-3 con una característica en donde el 35% o menos del material fino pasa por el tamiz No. 200; también se tiene los suelos finos limos arcillosos que constituye los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7 con una característica en donde más del 35% del material fino pasa por el tamiz No. 200. Cabe recalcar que existe otro grupo en la clasificación de los suelos AASHTO que corresponde al A-8, en esta clasificación van todos los suelos con una elevada proporción de materia orgánica.

Si se quiere evaluar la calidad del suelo como material de terraplenes, subrasantes, bases y subbases de carreteras, se debe calcular el índice de grupo (IG) y se calcula mediante la siguiente expresión:

$$IG = (P_{200} - 35) [0,2 + 0,005(LL - 40)] + 0,01(P_{200} - 15) (IP - 10)$$

Donde:

**P<sub>200</sub>**= Porcentaje de suelo que pasa por el tamiz No. 200, expresado en número entero

**LL**= Límite Líquido

**IP**= Índice Plástico

CLASIFICACIÓN GENERAL		MATERIALES GRANULARES (35% o menos pasa el tamiz No.200)						MATERIALES LIMO ARCILLOSO ( más del 35% pasa el tamiz No. 200)			
Grupos	A-1		A-3	A-2			A-4	A-5	A-6	A-7	
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6					A-2-7
Porcentaje que pasa el tamiz No. 10 No. 40 No. 200	50 máx.										
	30 máx.	50 máx	51 máx								
	15 máx.	25 máx	10 máx	35 máx	35 máx	35 máx	36 mín	36 mín	36 mín	36 mín	
Característica del material que pasa el tamiz No. 40	Limite Líquido										
	Limite Plástico	6 máx	6máx	NP	10 máx	11 mín	10 máx	10 máx	11 mín	11 mín	
ÍNDICE DE GRUPO	0	0	0	0	0	4 máx	8 máx	12 máx	16 máx	20 máx	
TIPO DE MATERIAL	Gravas y arenas		Arena Fina	Gravas y arenas limosas y arcillosas			Suelos Limosos		Suelos Arcillosos		
TERRENO DE FUNDACIÓN	Excelente		Excelente a bueno			Regular a malo					
* El índice de plasticidad del subgrupo A-7-5 , es igual o menor a LL-30 El índice de plasticidad del subgrupo A-7-6 , es mayor que LL-30											

Figura 13 Clasificación de los suelos por el método AASHTO

Fuente: (Montejo Fonseca , 2002, pág. 46)

### **3.1.7 Clasificación de los suelos SUCS**

“Esta clasificación fue planteada por el doctor Arturo Casagrande en la Universidad de Harvard en 1942, originalmente llamado Sistema de Clasificación de Aeropuertos, debido a que se destinó en la construcción de pistas de aterrizaje y demás obras militares” (Juárez Badillo & Rico Rogrígez, 2005).

Este sistema subdivide a los suelos en tres importantes grupos: suelos gruesos, suelos finos y suelos orgánicos, teniendo como punto de referencia al porcentaje que pasa o es retenido en el tamiz No. 200 en el caso de los dos primeros grupos de suelos, es decir si más del 50% del material es retenido por el tamiz No. 200 es considerado como suelo grueso; y, si más del 50% del suelo pasa por dicho tamiz es considerado suelo fino.

Los suelos se designan por símbolos de grupo. El símbolo de cada grupo consta de un prefijo y un sufijo. Los prefijos son las iniciales de los nombres ingleses de los seis principales tipos de suelos; Gravas (G), Arenas (S), Limos (M), Arcillas (C), Suelos Orgánicos de fino y turba (O), mientras que los sufijos indican subdivisiones en dichos grupos. (Montejo Fonseca , 2002)

DIVISIONES PRINCIPALES			Símbolos del grupo	NOMBRES TÍPICOS	CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN EN EL LABORATORIO		
<b>SUELOS DE GRANO GRUESO</b> Más de la mitad del material retenido en el tamiz número 200	Las partículas de 0.054 mm de diámetro (la malla N°200) que, aproximadamente, las mas pequeñas visibles a simple vista	<b>GRAVAS</b> Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por el tamiz número 4 (4,76 mm)	<b>Gravas limpias</b> (sin o con pocos finos)	<b>GW</b> Gravas, bien graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.	Determinar porcentaje de grava y arena en la curva granulométrica. Según el porcentaje de finos (fracción inferior al tamiz número 200). Los suelos de grano grueso se clasifican como sigue: Menos del 5%: GW,GP,SW,SP. Mas del 12%: GM,GC,SM,SC. 5 al 12% casos límite que requieren usar doble símbolo.	Coeficiente de uniformidad Cu: mayor 4. Coeficiente de curvatura Cc: entre 1 y 3. $Cu = D_{60}/D_{10}$ $Cc = (D_{30})^2/D_{10} \times D_{60}$	
				<b>GP</b> Gravas mal graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.			No cumplen con las especificaciones de granulometría para GW.
			<b>Gravas con finos</b> (apreciable cantidad de finos)	<b>GM</b> d Gravas limosas, mezclas grava-arena-limo. μ Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcilla.		Límites de Atterberg debajo de la línea A o $IP < 4$ . Encima de línea A con IP entre 4 y 7 son casos límite que requieren doble símbolo.	
							<b>GC</b> Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcilla.
			<b>Arenas limpias</b> (pocos o sin finos)	<b>SW</b> Arenas bien graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.		Menos del 5%: GW,GP,SW,SP. Mas del 12%: GM,GC,SM,SC. 5 al 12% casos límite que requieren usar doble símbolo.	Cu = $D_{60}/D_{10}$ mayor que 6 Cc = $(D_{30})^2/D_{10} \times D_{60}$ entre 1 y 3
				<b>SP</b> Arenas mal graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.			
		<b>SM</b> Arenas limosas, mezclas de arena y limo.		Límites de Atterberg debajo de la línea A o $IP < 4$ . Los límites situados en la zona rayada con IP entre 4 y 7 son casos intermedios que precisan de símbolo doble.			
		<b>Arenas con finos</b> (apreciable cantidad de finos)	<b>SC</b> Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla.		Límites de Atterberg sobre la línea A con $IP > 7$ .		
		<b>SUELOS DE GRANO FINO</b> Más de la mitad del material pasa por el tamiz número 200	Las partículas de 0.054 mm de diámetro (la malla N°200) que, aproximadamente, las mas pequeñas visibles a simple vista	<b>Limos y arcillas:</b> Límite líquido menor de 50		<b>ML</b> Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosas o arcillosa, o limos	<b>CARTA DE PLASTICIDAD</b> Para la Clasificación de Suelos de partículas finas en el lab.
					<b>CL</b> Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas.		
					<b>OL</b> Limos orgánicos y arcillas orgánicas limosas de baja plasticidad.		
				<b>Limos y arcillas:</b> Límite líquido mayor de 50	<b>MH</b> Limos inorgánicos, suelos arenosos finos o limosos con mica o diatomeas, limos elásticos.	Límites de Atterberg sobre la línea A con $IP > 7$ .	
<b>CH</b> Arcillas inorgánicas de plasticidad alta.							
<b>OH</b> Arcillas orgánicas de plasticidad media a elevada; limos orgánicos.							
<b>Suelos muy orgánicos</b>			<b>PT</b> Turba y otros suelos de alto contenido orgánico.				

\*\* Clasificación de frontera: Los suelos que poseen las características de dos grupos se designan con la combinación de los símbolos, por ejemplo GW-GC, mezcla de arena y grava bien graduadas con cementante arcilloso

Todos los tamaños de las mallas en esta carta son los U.S. Standard

\* La división de los grupos GM y SM en subdivisiones d y u, son para caminos y aeropuertos únicamente, la subdivisión está basada en los límites de Atterberg. El sufijo d se usa cuando el L.L. es de menos de 28 y el I.P. es de 6 o menos. El sufijo u es usado cuando el L.L. es mayor que 28.

Figura 14 Sistema unificado de clasificación de suelos SUCS

Fuente: (Crespo Villalaz, 2004, pág. 89)

*Tabla 3*  
*Sistema Unificado de Clasificación; símbolos de grupo para suelos tipo de grava*

<b>Símbolos de grupo</b>	<b>Criterios</b>
GW	Menos de 5% pasa la malla No.200; $C_u = D_{60}/D_{10}$ mayor que o igual que 4; $C_z = (D_{30})^2 / (D_{10} * D_{60})$ entre 1 y 3
GP	Menos de 5% pasa la malla No.200; no cumple ambos criterios para GW
GM	Más de 12% pasa la malla No. 200; los límites de Atterberg se grafican debajo de la línea A o el índice de plasticidad menor que 4
GC	Más de 12% pasa la malla No. 200; los límites de Atterberg se grafican debajo de la línea A o el índice de plasticidad mayor que 7
GC-GM	Más de 12% pasa la malla No. 200; los límites de Atterberg caen en el área sombreada marcada CL-ML
GW-GM	El porcentaje que pasa la malla No.200 está entre 5 y 12; cumple los criterios para GW y GM
GW-GC	El porcentaje que pasa la malla No.200 está entre 5 y 12; cumple los criterios para GW y GC
GP-GM	El porcentaje que pasa la malla No.200 está entre 5 y 12; cumple los criterios para GP y GM
GP-GC	El porcentaje que pasa la malla No.200 está entre 5 y 12; cumple los criterios para GP y GC

*Fuente:* (Das, 1985, pág. 39)

Tabla 4

Sistema Unificado de Clasificación; símbolos de grupo para suelos arenosos

Símbolos de grupo	Criterios
SW	Menos de 5% pasa la malla No.200; $Cu = D_{60}/D_{10}$ mayor que o igual que 6; $Cz = (D_{30})^2 / (D_{10} * D_{60})$ entre 1 y 3
SP	Menos de 5% pasa la malla No.200; no cumple ambos criterios para GW
SM	Más de 12% pasa la malla No. 200; los límites de Atterberg se grafican debajo de la línea A o el índice de plasticidad menor que 4
SC	Más de 12% pasa la malla No. 200; los límites de Atterberg se grafican arriba de la línea A o el índice de plasticidad mayor que 7
SC-SM	Más de 12% pasa la malla No. 200; los límites de Atterberg caen en el área sombreada marcada CL-ML
SW-SM	El porcentaje que pasa la malla No.200 está entre 5 y 12; cumple los criterios para SW y SM
SW-SC	El porcentaje que pasa la malla No.200 está entre 5 y 12; cumple los criterios para SW y SC
SP-SM	El porcentaje que pasa la malla No.200 está entre 5 y 12; cumple los criterios para SP y SM
SP-SC	El porcentaje que pasa la malla No.200 está entre 5 y 12; cumple los criterios para SP y SC

Fuente: (Das, 1985, pág. 40)

Tabla 5  
Sistema Unificado de Clasificación; símbolos de grupo para suelos limosos y arcilloso

Símbolos de grupo	Criterios
CL	Inorgánico; $LL < 50$ ; $PI > 7$ ; se grafica sobre o arriba de la línea A (véase la zona CL)
ML	Inorgánico; $LL < 50$ ; $PI > 4$ ; se grafica debajo de la línea A (véase la zona ML)
OL	Orgánico; $(LL\text{-seco en horno}) / (LL\text{-sin secar}) < 0.75$ ; $LL < 50$ (véase la zona OL)
CH	Inorgánico; $LL \geq 50$ ; $PI$ se grafica sobre o arriba de la línea A (véase la zona CH)
MH	Inorgánico; $LL \geq 50$ ; $PI$ se grafica debajo de la línea A (véase la zona MH)
OH	Orgánico; $(LL\text{-seco en horno}) / (LL\text{-sin secar}) < 0.75$ ; $LL \geq 50$ (véase la zona OH)
CL-ML	Inorgánico; se grafica en la zona sombreada
Pt	Turba, lodos y otros suelos altamente orgánicos

Fuente: (Das, 1985, pág. 40)

Tipo de Suelo*	Permeabilidad	Resistencia a la tubificación	Resistencia al cortante	Comprensibilidad	Susceptibilidad al agrietamiento	Susceptibilidad a la licuefacción	Manejabilidad
GW	Permeable	Alta	Muy alta	De baja comprensibilidad siempre y cuando hayan sido colocados y compactados adecuadamente. Su compactación es fundamental	No susceptible al agrietamiento	No susceptible a la licuefacción cuando está bien compactados.	Muy buena
GP	Permeable a muy permeable	De alta a media	Alta	Compresibilidad baja si más del 60 por ciento del material es grueso (tamaño superior a la malla No. 4). Si el material contiene menos de 35 por ciento de material grueso, se puede estimar los asentamientos con base en la comprensibilidad de finos.	Mediana a alta	Mediana a alta	Muy buena
SW	Permeable	Alta a media	Muy alta				
SP	Semipermeable a permeable	Baja a muy baja	Alta	Compresibilidad baja si más del 60 por ciento del material es grueso (tamaño superior a la malla No. 4). Si el material contiene menos de 35 por ciento de material grueso, se puede estimar los asentamientos con base en la comprensibilidad de finos.	Mediana a alta	Mediana a alta	De buena a correcta
GM	Semipermeable	Alta a media	Alta				
GC	Impermeable	Muy alta	Alta	Compresibilidad baja si más del 60 por ciento del material es grueso (tamaño superior a la malla No. 4). Si el material contiene menos de 35 por ciento de material grueso, se puede estimar los asentamientos con base en la comprensibilidad de finos.	Mediana a alta	Baja	Muy buena
SM	Semipermeable a impermeable	Media a baja	Alta				
SC	Impermeable	Alta	Alta a media	Los asentamientos pueden ser grandes y se calculan con base en pruebas de consolidación	Mediana a baja	Muy baja	Buena a correcta
ML	Impermeable	Baja a muy baja	Media a baja				
MH	Muy impermeable	Media a alta	Baja	Muy susceptible; deben colocarse con alto grado de saturación	Mediana a alta	Medio a alta si mal compactados	Correcta a muy pobre
CL	Impermeable	Alta	Media				
CH	Muy impermeable	Muy alta	Baja a media	Mediana a alta	Mediana a alta	Muy baja	Pobre a muy pobre
OL	Impermeable	Media	Baja				

\*De acuerdo con el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.

Figura 15 Materiales para terraplenes

Fuente: (Crespo Villalaz, 2004, pág. 90)

Clase de suelo	Suelos gruesos limpios (GW,GP,SW,SP)	Suelos gruesos con finos (GM,GC,SM,SC)	Suelos finos (MH,ML,CH,CL,OL)
Permeabilidad	Permeables. Las pruebas de permeabilidad en el campo son las únicas representativas	Semipermeables a impermeables. Las pruebas de permeabilidad de campo con las más adecuadas para un contenido de finos menor 25 por ciento	Suelos impermeables en caso de no ser fisurados. La determinación del coeficiente de permeabilidad durante una prueba de consolidación es adecuado.
Compresibilidad y expansibilidad	Los asentamientos son pequeños cuando los materiales son compactados, y la magnitud de los esfuerzos reducida. Si los depósitos son heterogéneos pueden dar lugar a irregularidades importantes en la compresibilidad.	La compresibilidad varía considerablemente según la compacidad del depósito. Las arenas finas limosas pueden presentar asentamientos bruscos en caso de saturarse bajo carga.	Es indispensable efectuar pruebas de consolidación en el laboratorio. Los suelos limosos no saturados pueden presentar expansión al aumentar su contenido de agua.
Resistencia al corte	Muy variables dependiendo de la compacidad de los depósitos y su homogeneidad. Se relaciona, salvo en el caso de arenas sueltas saturadas, con el número de golpes en una prueba de penetración estándar.	Es indispensable estudiarla en laboratorio efectuando pruebas triaxiales con especímenes inalterados. Se han de tomar en consideración las posibles variaciones del contenido del agua y la heterogeneidad del manto al definir las condiciones de las pruebas.	Es indispensable estudiarlas en laboratorio efectuando pruebas triaxiales con especímenes inalterados. Pueden ser útil en ciertos casos efectuar una prueba de veleta.
Tubificación	Salvo los materiales de los grupos Sw y SP, presentan buena resistencia a la tubificación. Es muy importante en este aspecto la heterogeneidad de los depósitos.	Las arenas limosas presentan una resistencia a la tubificación media a baja, mientras los otros materiales de este grupo tienen una resistencia a la tubificación de alta a media. Es muy importante en este aspecto la heterogeneidad de los depósitos.	Los limos presentan baja resistencia a la tubificación y a las arcillas de media a alta. Es muy importante en este aspecto la heterogeneidad de los depósitos.
Licuación	Las arenas sueltas finas y saturadas son muy susceptibles a la licuación. Los otros materiales de este grupo son, por lo general, poco sensibles a la licuación.	Las arenas finas, limosas, uniformes y en estado suelto son muy sensibles.	Susceptibilidad prácticamente nula.

*Figura 16 Suelo de Cimentación.*

*Fuente:* (Crespo Villalaz, 2004, págs. 90-91)

## 3.2 Emulsión Asfáltica

### 3.2.1 Definición

Una emulsión asfáltica consiste en una dispersión estable de finas gotas de asfalto en agua, y que por la presencia de un agente emulsificante se logra la disolución y mezcla de los dos. Básicamente lo componen 3 ingredientes principales: asfalto, agua y un agente emulsivo, y en algunos casos, según los requerimientos la emulsión puede contener ciertos tipos de aditivos como: estabilizantes, mejoradores de recubrimiento, mejoradores de adherencia, o agentes de control de rotura. (ASPHALT INSTITUTE, 2001).

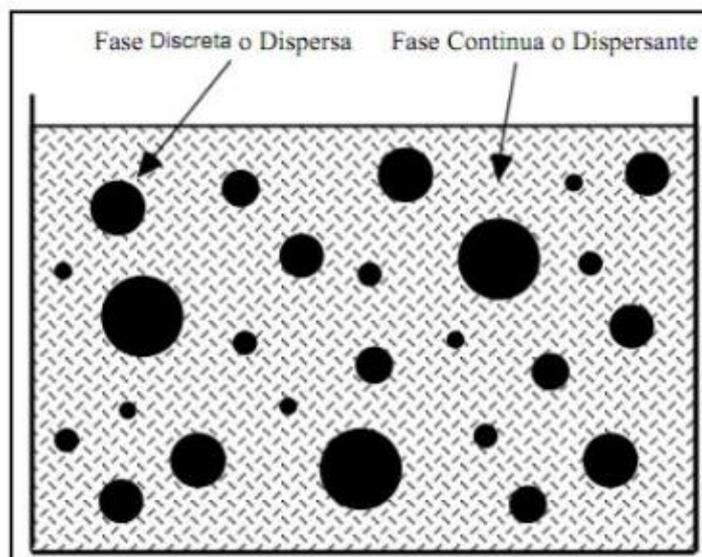


Figura 17 Diagrama Esquemático de una Emulsión

Fuente: (Rodríguez Talavera , Castaño Meneses, & Martínez Madrid, 2001) .

### 3.2.2 Componentes de la Emulsión Asfáltica.

Como ya se había mencionado sus componentes son:

1. **Cemento Asfáltico:** Es el elemento básico de la emulsión, y en la mayoría de los casos constituye entre un 50 y un 75% de la emulsión. Algunas de sus propiedades afectan significativamente la emulsión final, sin embargo, no existe una correlación exacta entre las propiedades del asfalto y la facilidad con que el asfalto pueda ser emulsionado.

2. **Agua:** El agua es el segundo componente de una emulsión, en donde su cantidad no puede ser minimizada ya que afectará a las propiedades deseadas del producto final. El agua en su estado natural puede contener algunos elementos o minerales que pueden afectar la fabricación de emulsiones asfálticas, además, no puede ser usada si contienen impurezas sea en solución o suspensión coloidal.

En la producción de las emulsiones asfálticas se utiliza de manera general el agua potable, y esta a su vez debe garantizar un estado de pureza, evitando sustancias que perjudiquen las propiedades finales de la emulsión asfáltica.

3. **Agentes Emulsivos:** Los emulsivos son agentes tensio-reactivos o surfactantes, en donde este mantiene las gotitas de asfalto en suspensión estable, es decir, que se mantengan en un sistema estable en que las pequeñas partículas de asfalto de una emulsión este uniformemente distribuido y permanezcan así todo el tiempo. Este agente emulsivo también controla el tiempo de rotura, es decir el tiempo que los glóbulos de asfalto se separan del agua de la fase asfáltica al evaporarse. Además, el agente es el factor que determina la clasificación de las emulsiones como: aniónicas, catiónicas o no iónica.

(ASPHALT INSTITUTE, 2001)

### 3.2.3 Clasificación de las Emulsiones Asfálticas

Las emulsiones asfálticas se clasifican según su estructura química en tres categorías: aniónicas, catiónicas, y no iónicas. Las más utilizadas en la construcción y mantenimiento de vías son las dos primeras, esto se da porque, para el uso de las no iónicas, actualmente la tecnología que se dispone no es la adecuada, pero con el avance de la tecnología con el pasar del tiempo, este tipo de emulsiones pueden ganar importancia para el uso de obras viales. (ASPHALT INSTITUTE, 2001)

#### - **Emulsiones Aniónicas**

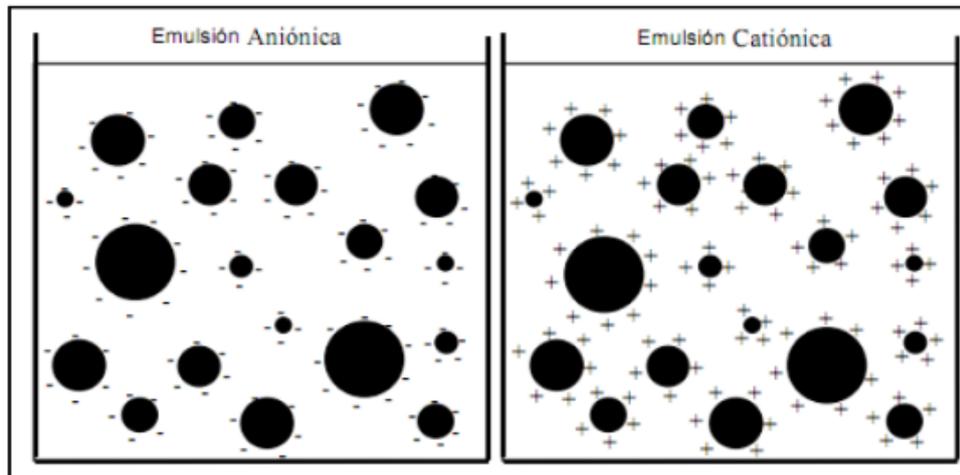
Si una corriente eléctrica pasa a través de una emulsión que contiene partículas de asfalto cargadas negativamente estas migran al ánodo.

- **Emulsiones Catiónicas**

Si una corriente eléctrica pasa a través de una emulsión que contiene partículas de asfalto cargadas positivamente estas migran al cátodo.

- **Emulsiones No Iónicas**

En este caso, las partículas de asfalto eléctricamente neutras y no migran a polo alguno.  
(ASPHALT INSTITUTE, 2001)



*Figura 18 Representación de una Emulsión Aniónica y Catiónica  
Fuente: (Rodríguez Talavera , Castaño Meneses, & Martínez Madrid, 2001)*

De acuerdo a la velocidad de las gotas de asfalto cuando se juntan conformando el volumen del cemento asfáltico se clasifican en:

- **Emulsiones de Rotura Rápida**

Se usan principalmente en aplicaciones de riego o tratamiento de superficie. Estas emulsiones están diseñadas para reaccionar rápidamente con el agregado revirtiendo su estado de emulsión al de asfalto, es decir, el tiempo de evaporación del agua de la emulsión es rápida quedando solo los glóbulos del asfalto, y estos se adhieren inmediatamente al agregado formando una película relativamente gruesa. El riego de emulsiones de grado RS-2, HFRS-2 Y CRS-2, son de altas viscosidades, lo que producen una película resistente para prevenir el escurrimiento (ASPHALT INSTITUTE, 2001).

- **Emulsiones de Rotura Media**

Son diseñados para mezclarse con agregados graduados, ya sea en frío o en caliente. Estas emulsiones se formulan para no romperse inmediatamente después del contacto con el agregado, por ello pueden utilizarse en reciclado de pavimentos y en mezclas en frío en plantas centrales.

La emulsión de alta flotación (high float), que es una clase especial de emulsión aniónica de rotura media y su principal diferencia con las emulsiones convencionales de rotura media como son MS-2, CMS-2 y HFMS-2, radica en la existencia de una estructura de gel en el residuo asfáltico, estructura que es medida en el ensayo de flotación. Las características de flotabilidad aumentan el espesor de la película. Mientras el asfalto convencional tiende a fluir o migrar, el residuo de alta flotabilidad es diseñado para mantenerse en su lugar hasta una temperatura de 70°C. Consecuentemente, los residuos asfálticos de alta flotación son menos susceptibles a cambios de temperatura y muy resistente a fluir a altas temperaturas durante la época seca. (ASPHALT INSTITUTE, 2001)

- **Emulsiones de Rotura Lenta.**

“Las emulsiones de rotura lenta modificadas con polímeros pueden emplearse cuando se requiere estabilidad adicional o mayor durabilidad de resistencia a la humedad” (ASPHALT INSTITUTE, 2001, pág. 31). Son diseñadas para un tiempo máximo de mezcla con los agregados. Su largo tiempo para la manipulación asegura buen cubrimiento en los agregados con un alto contenido de finos. Su aplicación se extiende, además de la pavimentación, a otros usos industriales. Para tales propósitos, la viscosidad de las emulsiones es baja y puede ser reducida aún más con la adición de agua. Si se desea aumentar la velocidad de rotura, puede ser añadido un pequeño porcentaje de cemento Portland o cal hidratada, durante la producción de la mezcla. Otras aplicaciones de estas emulsiones incluyen bases de grado denso y bases para estabilización. Una aplicación diferente a la pavimentación ha sido en el tratamiento de suelos que han sido sembrados y fertilizados. El asfalto forma una película delgada que retiene las semillas en su lugar, absorbe y conserva el calor solar requerido para la germinación. (Merdado, Bracho, & Avedaño, 2008, pág. 9)

Por lo general a la clasificación de las emulsiones asfálticas se los identifica con términos del idioma inglés, como por ejemplo para términos que significan Rotura rápida RS (Rapid Setting), Rotura media MS (Medium Setting) y Rotura lenta SS (Slow Setting), adicionalmente se subdividen mediante la incorporación de números que indican la viscosidad y la dureza de los cementos asfáltico utilizado en la emulsión, también se coloca la letra “C” anterior al tipo de emulsión para identificar que esta emulsión es catiónica, y a la ausencia de la letra, significará que es aniónica o no iónica, Se adjunta la clasificación de las diversas emulsiones asfálticas.

*Tabla 6*  
*Clasificación de las Emulsiones Asfálticas.*

<b>EMULSIONES ASFÁLTICAS ANIÓNICAS (ASTM D977, AASHTO M140)</b>	<b>EMULSIONES ASFÁLTICAS CATIÓNICAS (ASTM D2397, AASHTO M208)</b>
RS-1 (RR-1)	CRS-1 (CRR-1)
RS-2	CRS-2
HFRS-2	-
MS-1 (RM-1)	-
MS-2	CMS-2 (CRM-2)
MS-2h	-
HFMS-1	-
HFMS-2	-
HFMS-2h	-
HFMS-2s	-
SS-1 (RL-1)	CSS-1 (CRL-1)
SS-1h	CSS-1h

*Fuente: (ASPHALT INSTITUTE, 2001)*

RS-1 (RR-1) es una emulsión aniónica, CRS-1 (CRR-1) es una emulsión catiónica, otro ejemplo es que una emulsión MS-2 (RM-2) es más viscosa que una emulsión MS-1 (RM-1), otras denominaciones que se utilizan para clasificar a las emulsiones son:

- La letra “h” incluida en algunos grados significa simplemente que la base asfáltica es más consistente (o dura, bard).
- La letra “s” significa que la base asfáltica es más blanda (soft)

- Las letras “HF” que preceden en algunos de las emulsiones aniónicas, indican alta flotabilidad (high-float), es decir, que tienen características de gel, impartidas por la adición de ciertas sustancias químicas, cuyas características permiten la formación de una película de asfalto más gruesa alrededor del agregado, impidiendo la separación del asfalto de las partículas del árido. (ASPHALT INSTITUTE, 2001, pág. 6)

### **3.2.4 Uso de la Emulsión Asfáltica**

Las emulsiones asfálticas, pueden ser utilizadas en el campo de la ingeniería civil teniendo una gran variedad de aplicaciones, desde la construcción, mantenimiento de carreteras y pavimentos de carreteras y aeropuertos, además en obras en donde se desea obtener un cubrimiento que actúe como una capa protectora; entre las que se pueda mencionar están las más importantes:

- Construcción de carpetas de rodamientos.
- Estabilización de suelos (bases, subrasante), lechadas bituminosas, riegos de adherencia.
- Bacheos.
- Control de erosión de suelos.
- Riegos especiales de protección de taludes, canales, obras hidráulicas.
- Fabricación de morteros asfálticos para impermeabilización.

(Mercado, Bracho , & Avedaño, 2008)

### **3.2.5 Variables que afectan la calidad y la performance de una emulsión asfáltica**

En las emulsiones asfálticas existen diversos factores que afectan la producción, almacenaje, uso y comportamiento, y estos derivan directamente en su calidad. Entre las variables más importante tenemos las siguientes:

- Propiedades químicas de la base de cemento asfáltico.
- Dureza y cantidad del cemento asfáltico de base.
- Tamaño de las partículas de asfalto en la emulsión.
- Tipo y concentración del agente emulsivo.

- Condiciones de elaboración tales como temperatura, presión, y esfuerzo para separar las partículas de asfalto (afectan al molino coloidal).
- Carga iónica en las partículas de emulsión.
- Orden en que se agregan los elementos.
- Tipo de equipo empleado en la elaboración de emulsión.
- Propiedades del agente emulsivo.
- Adición de modificadores químicos o de polímeros.
- Calidad del agua (dureza del agua)

(ASPHALT INSTITUTE, 2001)

“Dependiendo a las condiciones constructivas, agregados disponibles y tecnologías, estos factores pueden ser variados. Para la combinación asfalto - agregado, es de mucha importancia saber las condiciones de calidad del asfalto recurriendo al proveedor” (ASPHALT INSTITUTE, 2001).

### **3.2.6 Ventajas de la emulsión asfálticas**

#### **3.2.6.1 Ventajas Medioambientales**

- Es un producto ligante y ecológico, ya que contiene entre un 35 a 40% de agua como solvente.
- Son aplicables en frío en temperatura ambiente, lo que reduce notablemente el riesgo de quemaduras al momento de la manipulación por parte de los operarios.
- No son inflamables ya que el medio de dispersión de las emulsiones es agua, además no liberan ningún tipo de gases o vapores de hidrocarburo a la atmósfera que puedan afectar al medio ambiente.
- “Las emulsiones asfálticas no requieren la incorporación de un solvente de petróleo para ser liquidadas, lo que contribuye al ahorro de energías” (ASPHALT INSTITUTE, 2001).

### **3.2.6.2 Ventajas Técnicas**

- “Para suelos de grano fino, el mecanismo básico envuelto en la estabilización de estos suelos con asfalto es la disminución de la permeabilidad” (Torres Garcia, s.f.)
- “En la estabilización con emulsión asfáltica de materiales granulares el asfalto aporta dos características: adhesión y cohesión, con esto el material reduce la tendencia a perder resistencia, como también aumenta la resistencia al corte a la flexión” (Torres Garcia, s.f.).
- “Como el suelo posee cohesión, la función del asfalto es formar una membrana que impide la penetración del agua, previniendo cambios de volumen del suelo y reducciones en su resistencia y su módulo de elasticidad” (Torres Garcia, s.f., pág. 6).

### **3.2.6.3 Ventajas Económicas**

- La aplicación de la emulsión asfáltica se lo realiza a temperatura ambiente, por lo que no requiere complejas instalaciones para el calentado de los agregados y del asfalto, lo que implica optimizar costos de mezclado y el transporte de la planta a la obra se reduce al mínimo.
- El empleo de emulsión asfáltica con un suelo existente trae implícito el ahorro económico, debido a que no se genera su retiro y una posterior adquisición de un nuevo material con todo su proceso constructivo, sin embargo, se debe considerar el mezclado en sitio con emulsión asfáltica, compactación, etc. Además, la obtención de una base de mayor calidad por medio del uso de emulsión asfáltica permite una economía, ya que teóricamente se reduce el espesor de la carpeta de rodadura. (Torres Garcia, s.f.)

### **3.2.7 Limitaciones de la Emulsión Asfáltica.**

No es la mejor alternativa para estabilizar suelos con alto contenido de finos, lo ideal es que el suelo a tratar tenga un porcentaje menor al 20% de los mismos, ya que en cuantos más finos tenga mayor superficie específica del material y mayor consumo de asfalto, lo cual ya no sería rentable. (Torres, s.f., p.7)

### 3.2.8 Requisitos de calidad de las emulsiones.

Las emulsiones asfálticas deberán ser homogéneas y cumplir con los requerimientos establecidos en las normas AASHTO M 140 y M 208, que se resumen en la figura 19, para las emulsiones catiónicas y en las figuras 20 y 21 para las emulsiones aniónicas.

PROPIEDAD	ROTURA RÁPIDA			ROTURA MEDIA						ROTURA LENTA			
	CRS-1		máx	CRS-2		CMS-2		CMS-2h		CSS-1		CSS-1h	
	mín	máx		mín	máx	mín	máx	mín	máx	mín	máx	mín	máx
VISCOSIDAD	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FUOL <sub>a</sub> a 25 gC, s.	20	100	400	-	50	450	-	50	450	-	100	20	100
FUOL <sub>a</sub> a 50 gC, s.	-	1	1	-	-	1	-	-	1	-	-	-	1
ESTABILIDAD AL ALMACENAJE 24h, %	40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DEMULSIFICACIÓN: 35 ml. 8% sds, %	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CUBRIMIENTO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
agregado seco	-	-	-	-	bueno	-	bueno	-	-	-	-	-	-
luego rociado	-	-	-	-	pobre	-	pobre	-	-	-	-	-	-
agregado humedo	-	-	-	-	pobre	-	pobre	-	-	-	-	-	-
luego rociado	+	-	-	-	pobre	-	pobre	-	-	-	-	-	-
CARGA DE PARTICULA	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	+	-	-
MEZCLA CON CEMENTO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ENS. DEL TAMÍZ	-	0,1	0,1	-	-	0,1	-	-	0,1	-	2,0	-	2,0
DESTILACIÓN: ACEITE DESTILADO %	-	3	3	-	-	12	-	-	12	-	0,1	-	0,1
RESIDUO, %	60	-	-	65	-	-	65	-	-	57	-	57	-
ENSAYOS EN EL RESIDUO:	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PENETRACIÓN, a 25 grados, 100 gr, 5 s.	100	250	250	100	100	250	100	40	90	100	40	40	90
DUCTILIDAD, a 25 grados, 5 cm/m, cm.	40	-	-	40	40	-	40	40	-	40	40	40	-
SOLUBILIDAD EN TRICLOROETILENO %	97.5	-	-	97.5	97.5	-	97.5	97.5	-	97.5	97.5	97.5	-
TEMPERATURA DE EMPLEO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ALMACENAMIENTO	50	85	85	50	50	85	50	50	85	10	10	10	60
MEZCLA EN PLANTA	-	-	-	-	10	70	10	10	70	10	70	10	70
MEZCLA EN SITIO	-	-	-	-	20	70	20	20	70	20	70	20	70
TRATAMIENTO SUPERFICIAL	50	85	85	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Figura 19 Requisitos de Emulsiones Asfálticas Catiónicas

Fuente: (MTO, 2002)

### **3.2.9 Especificaciones de las emulsiones.**

Las emulsiones deberán cumplir las siguientes especificaciones:

- Se evitará el empleo de depósitos que hayan contenido emulsiones catiónicas para almacenar emulsiones aniónicas y viceversa, a menos que se pruebe que, luego de un lavado adecuado, se hayan neutralizado las cargas eléctricas que pudieran quedar del producto almacenado anteriormente.
- La temperatura de las emulsiones asfálticas deberán estar entre 8,5 y 4,5 grados celsius, ya sea durante el almacenamiento, transporte o aplicación.
- Al calentarse las emulsiones asfálticas, estas se agitarán para prevenir un sobrecalentamiento localizado.
- Las temperaturas de almacenamiento y aplicaciones de las emulsiones asfálticas serán establecidas en las figuras 19,20 y 21.

PROPIEDAD	ROTURA RAPIDA				ROTURA MEDIA					
	RS-1		RS-2		MS-1		MS-2		MS-2h	
	mín	máx	mín	máx	mín	máx	mín	máx	mín	máx
<b>VISCOSIDAD</b> FUROL,a 25 gC, s. FUROL,a 50 gC, s. ESTABILIDAD AL ALMACENAJE 24h, % DEMULSIFICACIÓN: 35 ml, 0.2N CaCl <sub>2</sub> , % CUBRIMIENTO	20	100	-	-	20	100	100	-	100	-
agregado seco luego rociado agregado humedo luego rociado	-	-	75	400	-	-	-	-	-	-
<b>MEZCLA CON CEMENTO</b> <b>ENS. DEL TAMÍZ</b> <b>RESIDUO POR DESTILACIÓN, %</b>	-	0,1	-	0,1	bueno	bueno	bueno	-	bueno	-
<b>ENSAYOS EN EL RESIDUO:</b> <b>PENETRACIÓN, a 25 grados, 100 gr,5 s.</b> <b>DUCTILIDAD, a 25 grados, 5 cm/m, cm.</b> <b>SOLUBILIDAD EN TRICLOROETILENO %</b> <b>ENSAYO DE FLOTACIÓN a 60°C, s</b>	100	200	100	200	100	200	100	200	40	90
<b>TEMPERATURA DE EMPLEO</b> <b>ALMACENAMIENTO</b> <b>MEZCLA EN PLANTA</b> <b>MEZCLA EN SITIO</b> <b>TRATAMIENTO SUPERFICIAL</b>	20	60	50	85	10	60	50	85	50	85
	-	-	-	-	10	70	10	70	10	70
	-	-	-	-	20	70	20	70	20	70
	20	60	50	85	-	-	-	-	-	-

Figura 20 Especificaciones de Emulsiones Asfálticas Aniónicas

Fuente: (MTO, 2002)

PROPIEDAD	ROTURA MEDIA						ROTURA LENTA						
	HFMS-1		HFMS-2		HFMS-2h		HFMS-2s		SS-1		SS-1h		
	mín	máx	mín	máx	mín	máx	mín	máx	mín	máx	mín	máx	
VISCOSIDAD	20	100	100	-	-	100	-	50	-	20	100	20	100
FUROL, a 25 gC, s.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FUROL, a 50 gC, s.	-	1	-	1	-	-	1	-	1	-	1	-	1
ESTABILIDAD AL ALMACENAJE 24h, %	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DEMULSIFICACIÓN: 35 ml. 0.2N CaCl <sub>2</sub> , %	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CUBRIMIENTO													
agregado seco	bueno	-	bueno	-	-	bueno	-	bueno	-	-	-	-	-
luego rociado	pobre	-	pobre	-	-	pobre	-	pobre	-	-	-	-	-
agregado humedo	pobre	-	pobre	-	-	pobre	-	pobre	-	-	-	-	-
luego rociado	pobre	-	pobre	-	-	pobre	-	pobre	-	-	-	-	-
MEZCLA CON CEMENTO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,0
ENS. DEL TAMÍZ	-	0,1	-	0,1	-	-	0,1	-	0,1	-	0,1	-	0,1
RESIDUO POR DESTILACIÓN, %	55	65	65	-	-	65	-	65	-	57	57	57	57
ENSAYOS EN EL RESIDUO:													
PENETRACIÓN, a 25 grados, 100 gr:5 s.	100	200	100	200	200	40	90	200	200	100	200	40	90
DUCTILIDAD, a 25 grados, 5 cm/m, cm.	40	-	40	-	-	40	-	40	-	40	-	40	-
SOLUBILIDAD EN TRICLOROETILENO %	97.5	-	97.5	-	-	97.5	-	97.5	-	97.5	-	97.5	-
ENSAYO DE FLOTACIÓN a 60°C, s	1200	-	1200	-	-	1200	-	1200	-	-	-	-	-
TEMPERATURA DE EMPLEO													
ALMACENAMIENTO	10	60	-	-	-	50	85	-	-	10	60	10	60
MEZCLA EN PLANTA	10	70	10	70	10	10	70	-	-	10	70	10	70
MEZCLA EN SITIO	20	70	20	70	20	20	70	-	-	20	70	20	70
TRATAMIENTO SUPERFICIAL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Figura 21 Especificaciones de Emulsiones Asfálticas Aniónicas

Fuente: (MTO, 2002)

### 3.2.10 Pruebas y ensayos de las emulsiones.

Las pruebas y ensayos de las emulsiones asfálticas deben seguir los procedimientos indicados por las normas INEN, y de no haberlas se deberán optar por las correspondientes Normas AASTHO, cuyo detalle se indica en la figura 22.

ENSAYO	NORMA INEN	NORMA AASTHO	SECCIÓN
<b>1) CEMENTO Y SIMILARES</b>			
SOLUBILIDAD EN TRICLOROETILENO	915	T 44	
DUCTILIDAD	916	T 51	
PENETRACIÓN	917	T 49	
FLOTACIÓN	919	T 102	
DESTILACIÓN	921	T 78	
MUESTREO	922	T 40	
CONTENIDO DE AGUA		T 55	
PUNTO DE INFLAMACIÓN		T 79	
VISCOSIDAD SAYBOLD-FUROL		T 72	
PERDIDA POR CALENTAMIENTO		T 179	
VISCOSIDAD CINEMATICA		T 201	
VISCOSIDAD ABSOLUTA		T 202	
PRUEBA DE LA MANCHA		T 102	
PUNTO DE ABLANDAMIENTO		T53	
DENSIDAD		T228	
ENSAYO TFOT		T179	
ENSAYO RTFTOT		T240	
CONTENIDO DE PARAFINA		UOP 46(*)	
<b>2) EMULSIONES ASFÁLTICAS</b>			
RESIDUO POR DESTILACIÓN	901	T 59	.8 a 10
CUBRIMIENTO Y RESIST. AL AGUA	903	T 59	46 a 51
MEZCLA CON CEMENTO	904	T 59	33 a 37
RESIDUO POR EVAPORACIÓN	905	T 59	14 a 18
ENSAYO DEL TAMÍZ	906	T 59	38 a 41
REVESTIMIENTO	907	T 59	42 a 43
CARGA DE LA PARTÍCULA	908	T 59	19 a 21
ESTABILIDAD AL ALMACENAMIENTO	909	T 59	52 a 58
SEDIMENTACIÓN	910	T 59	29 a 32
MISIBILIDAD CON EL AGUA	912	T 59	44
MICRODESTILACIÓN	913	T 59	.11 a 13
CONTENIDO DEL AGUA		T 59	.3 a 7
VISCOSIDAD DE EMULSIONES		T 59	22 a 24
DEMULSIBILIDAD		T 59	25 a 28
CONGELAMINETO		T 59	45
DENSIDAD		T 59	76 a 81

(\*) No se corresponde con Norma AASTHO;

Se podrá determinar también con la aplicación de norma

DIN 12606-1 2000 o la NLT 345-89

*Figura 22 Normas vigentes de ensayos en productos asfálticos*

*Fuente: (MTO, 2002)*

### 3.2.11 Fabricación de las emulsiones asfálticas

El equipo básico para preparar emulsiones incluye un dispositivo mecánico de alta velocidad de altas tensiones de corte (Usualmente un molino coloidal) para dividir el asfalto en pequeñas gotitas. Un diagrama de una típica planta de elaboración de emulsiones asfálticas se muestra en la figura 24. También se necesita un tanque para la solución del emulsivo y un tanque para el asfalto caliente, bombas, y medidores de caudal. El molino coloidal posee un rotor de alta velocidad (17-100 Hz ó 1000-6000 RPM) con gálibos de paso en el orden de 0.25 a 0.50 mm. Típicamente, las gotitas de las emulsiones asfálticas tienen tamaños inferiores al diámetro de un cabello humano esto es alrededor de 0.001 a 0.010 mm. Comúnmente se emplean analizadores de tamaños de partículas para caracterizar la calidad de la emulsión. El tamaño de las gotas de asfalto depende la energía mecánica unitaria aplicada por el molino. Para medir las cantidades de asfalto y de solución emulsiva que ingresan en el molino coloidal se utilizan sendas bombas. Debido a que la solución emulsiva puede ser altamente corrosiva puede ser necesario emplear equipos construidos con materiales resistentes a la corrosión. (ASPHALT INSTITUTE, 2001, pág. 9)

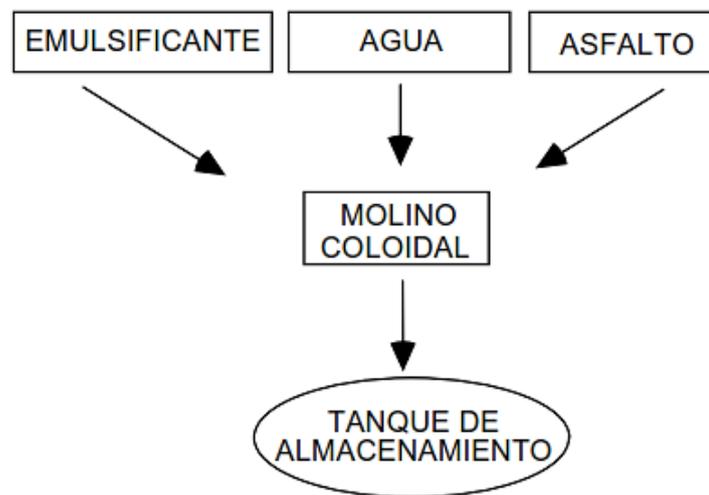


Figura 23 Esquema para la fabricación de emulsiones asfálticas

Fuente: (Rodríguez Talavera , Castaño Meneses, & Martínez Madrid, 2001)

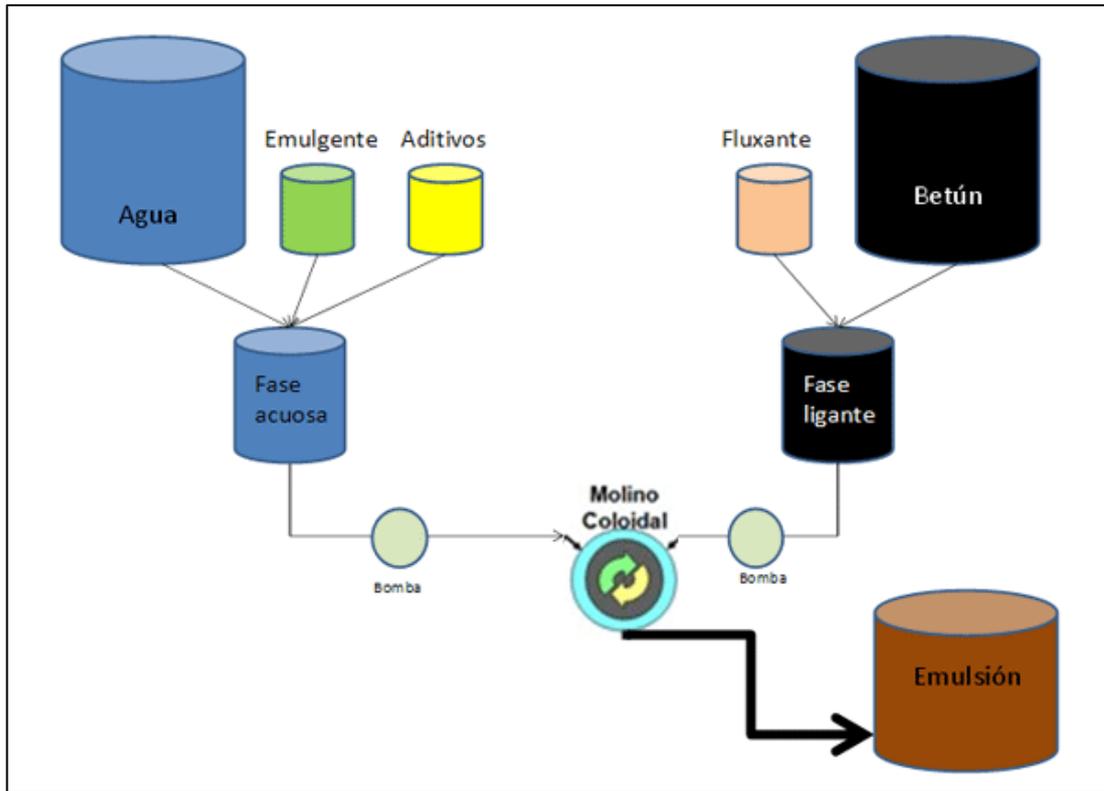


Figura 24 Diagrama de una Planta de Elaboración de Emulsión Asfáltica

Fuente: <http://ateb.es/index.php/sample-sites/parks>

### 3.2.12 Proceso de emulsificación.

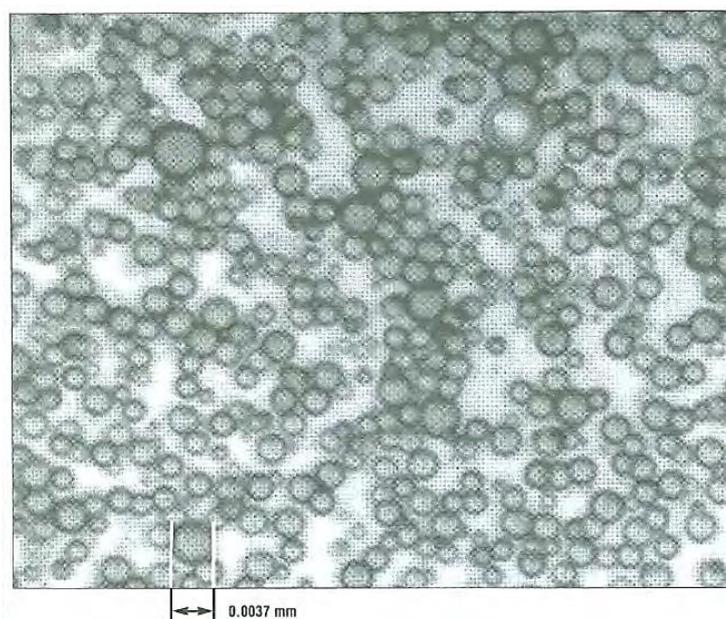
En el proceso de emulsificación, el principal componente de la emulsión es el cemento asfáltico, el cual es calentado para luego ingresar a un molino coloidal, aquí es donde se divide en pequeñísimas gotitas. Al mismo tiempo, se añade agua que contiene el agente emulsificante. El objetivo del calentamiento del asfalto, es que alcance una baja viscosidad; se ajusta la temperatura del agua a la temperatura del asfalto para optimizar el proceso de emulsificación. Debido a que la temperatura de la emulsión al abandonar el molino debe ser inferior al punto de ebullición del agua, el asfalto no se lleva a temperaturas extremadamente altas, a menos que se emplee un enfriador. Luego la emulsión es usualmente bombeada a tanques de almacenamiento de granel, estos tanques pueden ser equipados con agitadores mecánicos para mantener la homogeneidad de la emulsión y que el asfalto no se asiente. (ASPHALT INSTITUTE, 2001)

Un análisis a nivel microscópico de tamaños de promedio de partículas de una emulsión pone en evidencia los siguientes datos:

*Tabla 7*  
*Tamaños promedio de partículas de una emulsión*

<b>Tamaño</b>	<b>Porcentaje</b>
Menores de 0.001 mm (1 $\mu\text{m}$ )	28%
0.001 - 0.005 mm (1 - 5 $\mu\text{m}$ )	57%
0.005 - 0.010 mm (5 - 10 $\mu\text{m}$ )	15%

*Fuente: (ASPHALT INSTITUTE, 2001)*



*Figura 25 Microfotografía que muestran los tamaños relativos y distribución de las partículas de asfalto en una emulsión*

*Fuente: (ASPHALT INSTITUTE, 2001)*

### **3.2.13 Rotura y curado de la emulsión.**

#### **3.2.13.1 Rotura.**

Para que una emulsión asfáltica cumpla con su objetivo final, esto es, actúe como ligante con propiedades cementantes, el agua debe separarse de la fase asfáltica y

evaporarse, a esta separación se denomina “rotura” (breaking). Por tratamientos superficiales y sellados, se formulan las emulsiones para romper químicamente al entrar en contacto con una sustancia extraña como el agregado o la superficie de un pavimento. El tiempo en el cual los glóbulos de asfalto se separan de la fase acuosa se denomina como tiempo de rotura o fraguado, como, por ejemplo, una emulsión de rotura rápida tendrá un corto tiempo de rotura (en entre 1 y 5 minutos) mientras que emulsiones de rotura media y lenta pueden tomar o consumir un tiempo considerablemente mayor. (ASPHALT INSTITUTE, 2001)

### **3.2.13.2 Curado.**

El curado involucra el desarrollo de las propiedades mecánicas del cemento asfáltico. Las emulsiones catiónicas y aniónicas dependen de la evaporación del agua para el desarrollo de las características de curado. La evaporación del agua puede ser bastante rápida bajo condiciones climáticas favorables, pero, puede afectar en un curado apropiado una alta humedad, baja temperatura o lluvia, poco tiempo después a su exposición.

Las emulsiones para mezcla usualmente contienen un solvente de petróleo para facilitar el proceso de mezclado, durante el curado parte de este solvente se evapora. Actualmente, se está desarrollando emulsiones para mezclado que no contengan solventes, por ejemplo, el curado de micro-aglomerado, es lo suficientemente rápido para liberar el camino al tráfico en el lapso de una hora. (ASPHALT INSTITUTE, 2001)

### **3.2.14 Almacenamiento de las emulsiones asfálticas.**

La emulsión asfáltica, es una dispersión de finas gotitas de cemento asfáltico en agua, tiene las ventajas y desventajas propias del medio de dispersión. Cuando se almacenan las emulsiones asfálticas se deben tomar las siguientes condiciones:

- Almacene la emulsión como almacenaría agua líquida, entre 10°C (50°F) y 85°C (185°F), dependiendo del uso buscado y del producto en cuestión.
- Almacene la emulsión a la temperatura especificada para el grado y aplicaciones particulares.

- No permita que la emulsión asfáltica sea calentada por encima de los 85 °C (185°F). Las temperaturas elevadas evaporan el agua, modificando las características de la emulsión asfáltica.
- No permita que la emulsión asfáltica se congele. Esto produce la rotura de la emulsión, separando el asfalto del agua. El resultado será dos capas una de asfalto, otra de agua en el tanque, ninguna de las cuales será adecuada para el uso deseado; además, será difícil vaciar el tanque.
- No permita que la temperatura de la superficie de calentamiento exceda los 100°C (212°F). De suceder esto, se producirá la rotura prematura de la emulsión sobre aquella.

(ASPHALT INSTITUTE, 2001)

### **3.2.15 Propiedades de las Emulsiones.**

Las emulsiones asfálticas poseen dos tipos de propiedades que afectan a sus características y su comportamiento, las cuales son:

**1. Propiedades Intrínsecas:** son aquellas propiedades propias internas de la emulsión, además son las mismas que muestran cualquier ligante asfáltico:

- Viscosidad
- Adhesividad
- Cohesividad

**2. Propiedades Mecánicas:** son aquellas propiedades que condicionan su comportamiento como ligante en la construcción del pavimento:

- Estabilidad al almacenaje
- Estabilidad ante los agregados pétreos
- Características del residuo asfáltico.

(Rosero Alvarado, 2013)

### **3.3 Estabilización con Emulsión Asfáltica**

#### **3.3.1 Definición y descripción**

La estabilización con emulsión asfáltica es uno de los métodos más comunes y además económicos, para el mejoramiento de una vía. De manera general la utilización de la emulsión asfáltica como ligante estabilizante, cambia las propiedades mecánicas del suelo, mediante tratamientos físico-químico, incrementando de manera notoria sus propiedades como son la resistencia al esfuerzo cortante, la deformidad o compresibilidad, la expansión o estabilidad volumétrica ante la presencia de agua, entre otros., buscando ante todos los casos un buen comportamiento ante las cargas producidas por un determinado tránsito.

El MTOP sugiere los mismos requerimientos que son empleados para materiales granulares (bases granulares)

- Granulometría
- Abrasión
- Limpieza
- Forma de la Partícula
- Plasticidad

El porcentaje de desgaste por abrasión de los agregados será menos del 40% según la Norma INEN 860.

El equivalente de arena se realizará en los agregados pasantes por el tamiz INEN 4.75 mm . Tendrá un valor mínimo de 35% según Norma ASTM D2419.

La porción de agregados que pasa el tamiz INEN 0.425 mm (No 40), deberá tener un índice de plasticidad menor a 4, según lo establecido en las normas INEN 691 y 692.

El máximo porcentaje en peso de partículas alargadas y achatadas retenidas en el tamiz INEN 4.75 mm cuya relación entre las dimensiones máximas y mínimas mayores que 5, no deberá ser mayor de un 10% según la Norma ASTM D 4791.

Los agregados gruesos retenidos en el tamiz INEN 4.75 mm deben tener cierta angularidad, debiendo contener al menos el 75% en peso de elementos triturados que contengan dos o más caras fracturadas según la Norma ASTM D 5821.

La granulometría se hallará entre los límites de cualquiera de los tipos A, B, y C indicados en la siguiente tabla:

*Tabla 8*  
*Granulometría Bases Estabilizadas con Emulsión Asfáltica*

TAMÍZ	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada		
	A	B	C
2" (50.8 mm.)	100	-	-
1 1/2" (38.1 mm.)	70-100	100	-
1" (25.4 mm.)	55-85	70-100	100
3/4" (19.0 mm.)	50-80	60-90	70-100
3/8" (9.5 mm.)	40-70	45-75	50-80
N° 4 (4.75 mm.)	30-60	30-60	35-65
N° 10 (2.00 mm.)	20-50	20-50	25-50
N° 40 (0.425 mm.)	5-30	5-30	10-30
N° 200 (0.075 mm.)	0-5	0-5	0-5

*Fuente: (MTO, 2002).*

En la estabilización con emulsión asfáltica con materiales granulares, cumple dos funciones: la primera es la reducción a la permeabilidad, creando una membrana que previene o dificulta la entrada del agua, reduciendo la tendencia del material a perder resistencia, y la otra es la adhesión, brindando al agregado la cohesión de la cual carece, aumentando la resistencia al corte y a la flexión, así como el módulo elástico. (Sanchez Sabogal, 2005)

Actualmente se propone optimizar recursos económicos y contribuir con el tema de la conservación de los recursos naturales, por la cual la estabilización de materiales granulares existentes en vías de tercer orden con emulsión asfálticas, tiene muchas ventajas, ya que en algunos casos no es necesario adicionar nada para mejorarlos y en otras ocasiones se puede hacer un tratamiento de la capa más superficial con la adición de algún material químico, natural o mezcla de los dos. (Torres Garcia, s.f., pág. 7)

### **3.3.2 Selección del tipo de Emulsión.**

Para un buen desempeño y exitoso comportamiento de las emulsiones asfáltica, debe elegirse el tipo y grado para la función buscada. La primera consideración que se debe tomar en cuenta, es en qué tipo de aplicación se dará a la emulsión, en la figura 26 se muestran los usos generales de las emulsiones asfálticas. Además, existen otros factores que afectan a la elección de la emulsión, los cuales son:

- Las condiciones climáticas previstas para la etapa constructiva. Las condiciones durante dicha etapa deberían aplicar la elección del grado, el diseño de la mezcla o tratamiento y la elección del equipo de construcción.
- Densidad, granulometría.
- Disponibilidad de los equipos
- Ubicación geográfica. Las distancias de transporte y, en algunos casos, la disponibilidad del agua.
- Consideraciones ambientales.

Otras pautas que se recomienda para un exitoso control de calidad de la emulsión constan de los siguientes pasos:

- Realice una exhaustiva evaluación en laboratorio, empleando el agregado y la emulsión que se utilice en el proyecto.
- Manipule cuidadosamente la emulsión para prevenir la contaminación, la sedimentación de gotitas de asfalto.
- Cuando surgen problemas inusuales o singulares, contacte al representante del fabricante de la emulsión.

(ASPHALT INSTITUTE, 2001)

Tipo de Construcción	ASTM D977 AASHTO M208								ASTM D2397 AASHTO M 140						
	RS-1	RS-2	HFRS-2	MS-1, HFMS-1	MS-2, HFMS-2	MS-2h, HFMS-2	HFMS-2s	SS-1	SS-1h	CRS-1	CRS-2	CMS-2	CMS-2h	CSS-1	CSS-1h
	<b>Mezclas de Asfalto y Agregado</b>														
Mezcla en Planta (en Caliente)						XA									
Mezcla en Planta (en Frío)															
Granulometría Abierta				X	X							X	X		
Granulometría Cerrada						X	X	X						X	X
Arena						X	X	X						X	X
Mezclado In-situ															
Granulometría Abierta				X	X							X	X		
Agregado bien Graduado						X	X	X						X	X
Arena						X	X	X						X	X
Suelo Arenoso						X	X	X						X	X
<b>Aplicación de Asfalto y Agregado</b>															
Tratamientos Superficiales (Simpes y Mui)	X	X	X							X	X				
SaSellado con Arena (Sand Seal)	X	X	X	X						X	X				
Lechada Asfáltica (Slurry Seal)							X	X	X					X	X
Micro-aglomerado (Micro-surfacing)															X
Sellado Doble (Sandwinch Seal)		X	X								X				
Cape Seal		X									X				
<b>Aplicaciones Asfálticas</b>															
Riego Pulverizado (Fog Seal)				XB				XC	XB					XC	XC
Imprimación (Prime Coach)					XB			XD	XD					XD	XD
Riego de Liga (Tack Coat)				XB				XC	XC					XC	XC
Paliativo de Polvo (Dust Paliativo)								XC	XC					XC	XC
Protección de Asfalto (Mulch treatment)								XC	XC					XC	XC
Sellado de Fisuras (Crock filler)								X	X					X	X
<b>Mezclas de Mantenimiento</b>															
Uso Inmediato							X					X	X		
Acopio							X								
A pueden emplearse otros grados que el HFMS-2h cuando la experiencia demuestra que han tenido un comportamiento satisfactorio															
B diluido en agua por el fabricante															
C diluido en agua															
D mezclado solo para imprimación															
E el polímero debe incorporarse durante o previamente a la emulsión															

Figura 26 Usos Generales de la Emulsiones Asfálticas

Fuente: (ASPHALT INSTITUTE, 2001)

### 3.3.3 Mezclas con Emulsión.

Los avances en la tecnología de emulsiones asfálticas hacen posible el empleo de mezclas con emulsiones con una amplia variedad de aplicaciones en construcción, rehabilitación y mantenimiento de pavimentos, en la tabla se especifica los usos principales de las mezclas de emulsiones asfálticas.

Tabla 9  
Usos Principales de Mezclas con Emulsiones Asfálticas

USO DE MEZCLA	PROPÓSITO DEL TRATAMIENTO CON EMULSIÓN
Como una ayuda constructiva	Facilitar la construcción del pavimento y en algunos casos proveer una plataforma de trabajo
Mejoramiento del comportamiento de agregados marginales	Mejorar el agregado alcanzando la calidad de una buena base granular sin tratar
Como una superficie de rodamiento temporaria	Proveer una superficie que puede ser utilizada hasta que se coloca, con carácter de pavimento permanente, una mezcla asfáltica en caliente o una mezcla con emulsión de alta calidad
Reducir el espesor total del pavimento	Incrementar la resistencia de los materiales del pavimento y reducir el espesor necesario de la estructura con respecto al espesor correspondiente a materiales sin tratar
Mezclas abiertas para carpetas y bases	Producir una mezcla de alta calidad para tráfico muy intenso. Estas mezclas tienen buena flexibilidad y resistencia a la deformación permanente
Superficie de rodadura de granulometría cerrada	Producir una mezcla para carpetas estables que no sufrirán ahuellamiento ni desplazamiento
Subbase para pavimentos	Permitir el uso de agregados de menor calidad para la elaboración de subbases aceptables. Para esta aplicación, se puede usar arenas, arenas limosas y gravas de pobre graduación
Mezclas de mantenimiento de uso inmediato y para acopio	Proveer mezclas de bacheo trabajables que pueden ser diseñados para uso inmediato o para almacenamiento a largo plazo

Fuente: (ASPHALT INSTITUTE, 2001)

En lo que respecta a mezclas con emulsiones asfálticas y agregados existen 3 tipos, las cuales se las describe a continuación:

**1. Mezclas de granulometría cerrada.** Estas mezclas están compuestas de agregados desde el máximo tamaño hasta material pasante del tamiz 0,075mm (N° 200), esto hace que incluya una amplia variedad de tipos de granulometrías de agregados y puedan emplearse para todo tipo de aplicaciones en pavimentos.

**2. Mezclas de granulometría abierta.** Se las elabora para mezclar un alto porcentaje de vacíos, a través de la cuales drena el agua. Estas mezclas han sido utilizadas exitosamente tanto para bases como para carpetas de rodamiento, además a la relativa sencillez del equipo de planta necesario y a los altos volúmenes de producción posibles, estas mezclas son económicamente atractivas cuando se requiere una mezcla de alta calidad para tráfico pesado.

**3. Mezclas arena-emulsión.** Se las elabora con arenas de río, arenas y gravas pobremente graduadas y arenas de dunas. Estas mezclas están generalmente limitadas a arenas limpias y arenas limosas con bajo contenido de arcilla, el tipo de emulsión utilizado típicamente para estas mezclas son de rotura lenta y de rotura media de alta flotación, perfectamente con grados de mayor dureza.

(ASPHALT INSTITUTE, 2001)

### **3.3.4 Diseño de las mezclas.**

En las mezclas de agregados-emulsión, no hay un método universal para el diseño de mezclas en frío, sean aquellas de granulometría cerrada o de granulometría abierta. Sin embargo, casi todos los métodos para mezclas cerradas son modificados del método de ensayo de Hveem (ASTM D 1560 y 1561 o AASHTO T 246 y 247) o del método de ensayo Marshall (ASTM D 1599 o AASTHO T 245). En el desarrollo de procedimientos de diseño con algún grado de normalización, se toma en consideración a los diseños actualmente en uso, disponibilidad de equipos y diferentes tipos de emulsiones y agregados. (ASPHALT INSTITUTE, 2001)

Actualmente el Instituto de Asfalto por medio de su publicación Manual Básico de Emulsiones Asfálticas, MS N°19, describe dos tipos de diseño de mezclas, cerrada y abierta.

### **- Diseño de mezclas cerradas**

Este método de diseño está destinado para agregados de granulometría cerrada con un tamaño máximo del agregado de 25 mm (1 pulgada) o menos y emulsiones de rotura media o lenta, es destinado también, para mezclas elaboradas en el camino o en planta a temperatura ambiente, y de colocación inmediata. Es necesario que los agregados de granulometría cerrada cumplan con los requerimientos de la tabla 10. para que sea adecuada la mezcla con emulsiones asfálticas, en el caso que la granulometría contenga un considerado contenido de finos, puede ser necesario, previamente a la compactación una aireación o secado del material. (ASPHALT INSTITUTE, 2001)

### **- Diseño de mezclas abiertas**

Este método de diseño cubre los procedimientos para la preparación de pastones de prueba de mezcla abiertas con emulsión asfálticas, con agregados de granulometrías indicadas en la tabla 11. Para estas mezclas abiertas se utiliza emulsiones asfálticas de rotura media, además se elaboran las mezclas con contenidos de emulsión variable (incrementos de 1%) y se las somete a un método que determina el escurrimiento del residuo asfáltico. El contenido de emulsión asfáltica que da un escurrimiento de residuo asfáltico de 10 gramos es recomendado como el óptimo. (ASPHALT INSTITUTE, 2001)

### **3.3.5 Agregados del material existente.**

El material existente a estabilizar como capa base de un pavimento, debe ser un material granular como principal característica, además, debe ser un suelo con bajo porcentaje de arcilla y plasticidad, estas condiciones se las debe evaluar por medio de varias pruebas o ensayos de laboratorio para identificar sus características físicas y mecánicas, tales pruebas son:

- Análisis granulométrico
- Límites de Atterberg
- CBR
- Proctor Modificado
- Abrasión de los Ángeles

- Equivalente de Arena

Una vez caracterizado el material granular se determina si es adecuado para la estabilización con emulsión asfáltica comparando los resultados de los ensayos con los requerimientos del Ministerio de Transporte de Obras Públicas (MTOB).

Para esta investigación en lo que corresponde al diseño de mezclas con emulsión asfáltica, inicialmente se determina el porcentaje de residuo de asfalto por medio del ensayo de laboratorio Residuo por Evaporación (ASTM D244-Modificado) para posteriormente calcular el contenido tentativo de emulsión, para esto se requerirá determinar la granulometría del material granular existente por medio del ensayo granulométrico según la Norma ASTM D422, donde solo se necesita el porcentaje de agregado que pasa por el tamiz N°4. A partir de la fórmula del numeral 5.6.3 se calcula el porcentaje tentativo de emulsión y se redondea a un valor entero, por ejemplo: de 5,6% se adopta 6%, a este valor se procederá a aumentar 3 valores de porcentaje más (dos porcentajes menores y uno porcentaje mayor). Una vez obtenidos los cuatro porcentajes de emulsión asfáltica y conociendo la humedad natural (obtenida 24 horas antes de la mezcla), y la humedad óptima del suelo (obtenida del promedio de todos los ensayos Proctor de todas las primeras capas de todas las calicatas), se procede al cálculo de las cantidades de emulsión, agua y material, previo al mezclado y posterior compactación por medio del martillo Marshall. Todo este procedimiento se detalla en la sección 5.6.4 de este trabajo de investigación.

Los agregados del material existente para una mezcla con emulsión asfáltica deben tener buenas propiedades y una buena performance o características, ya que los agregados constituyen un 90 a 95% del peso de una mezcla con emulsión. Para lograr una exitosa mezcla del agregado con emulsión existe una amplia variedad de tipos y granulometría de agregados que pueden ser usados, los cuales se muestran en las tablas 10,11 y 12. En los que respecta a la calidad de los agregados, ciertos requerimientos deben mantenerse, incluyendo el porcentaje de material menor de 0,075 mm (tamiz N°200), la cantidad de finos plásticos y la durabilidad. (ASPHALT INSTITUTE, 2001)

La compatibilidad del agregado con la emulsión asfáltica es importante, y debería determinarse, esto puede tener una significativa influencia en la mezcla, para esto se

debe realizar una evaluación en laboratorio que permita determinar si es necesario la incorporación de un agregado no local.

*Tabla 10*  
*Agregados para mezcla, con emulsión, de granulometría cerrada*

Tamaño del tamíz	Mat. Semi-procesado de trituración, de cantera o de río	Granulometrías para Mezclas Asfálticas Cerradas, porcentaje pasante en peso				
50 mm (2 pulg.)	-	100	-	-	-	-
37.5 mm (1-1/2 pulg.)	100	90-100	100	-	-	-
25.0 mm (1 pulg.)	80-90	-	90-100	100	-	-
19.0 mm (3/4 in.)	-	60-80	-	90-100	100	-
12.5 mm (1/2 pulg.)	-	-	60-80	-	90-100	100
9.5 mm (3/8 pulg.)	-	-	-	60-80	-	90-100
4.75 mm (No. 4)	25-85	20-55	25-60	35-65	45-70	60-80
2.36 mm (No. 8)	-	10_40	15-45	20-50	25-55	35-65
1.18 mm (No. 16)	-	-	-	-	-	-
600 µm (No. 30)	-	-	-	-	-	-
300 µm (No. 50)	-	2_16	3_18	3_20	5_20	6_25
150 µm (No. 100)	-	-	-	-	-	-
75 µm (No. 200)	3_15	0-5	1_7	2_8	2_9	2_10
Equivalente de arena, en %	mín. 30	mín. 35	mín. 35	mín. 35	mín. 35	mín. 35
Ensayo Los Angeles, @500 rev.	-	máx. 40	máx. 40	máx. 40	máx. 40	máx. 40
Porcentaje de caras trituradas	-	mín. 65	mín. 65	mín. 65	mín. 65	mín. 65

*Fuente: (ASPHALT INSTITUTE, 2001)*

*Tabla 11*  
*Agregados para mezcla, con emulsión, de granulometría abierta*

Tamaño del tamíz	Base			Capa de rodamiento de granulometría abierta
	Gruesa	Media	Fina	
37.5 mm (1-1/2 pulg.)	100	-	-	-
25.0 mm (1 pulg.)	95-100	100	-	-
19.0 mm (3/4 in.)	-	90-100	-	-
12.5 mm (1/2 pulg.)	25-60	-	100	-
9.5 mm (3/8 pulg.)	-	20-55	85-100	100
4.75 mm (N°4)	0_10	0_10	-	30-50
2.36 mm (N°8)	0_5	0_5	0_10	5_15
1.18 mm (N°16)	-	-	0_5	-
75 µm (N°200)	0_2	0_2	0_2	0_2
Ensayo Los Angeles, @500 rev.	máx.40	máx. 40	máx.40	máx. 40
Porcentaje de caras tricuradas	mín. 65	mín. 65	mín. 65	mín. 65

*Fuente: (ASPHALT INSTITUTE, 2001)*

Tabla 12  
Agregados para mezclas de arena emulsión

Tamaño del tamíz	Porcentaje total que pasa		
	Pobremente graduada	Bien graduada	Arenas limosas
12.5 mm (1/2 pulg.)	100	100	100
4.75 mm (N°4)	75-100	75-100	75-100
300 µmm (N°50)	-	15_30	-
150 µm (N°100)	-	-	15-65
75 µm (N°200)	0_12	5_12	12_20
Ensayo Los Angeles, @500 rev.	máx.40	máx. 40	máx.40
Porcentaje de caras tricuradas	mín. 65	mín. 65	mín. 65

Fuente: (ASPHALT INSTITUTE, 2001)

### 3.3.6 Ensayos de la mezcla.

Calculado las cantidades (material, agua y emulsión), se procede a la elaboración de briquetas (6 briquetas por cada porcentaje), previamente la mezcla se la realiza a temperatura ambiente con diferentes porcentaje de emulsión asfáltica, luego del mezclado la muestra es introducida en los moldes para posteriormente pasar a la compactación en el pedestal y martillo Marshall aplicando el número de golpes (50 golpes para el diseño) según la Norma ASTM D 1559, en cada cara de la briqueta, al finalizar la fabricación de las briquetas estas se dejan reposar al ambiente por 24 horas y son extraídas de los moldes para sus posteriores ensayos.

#### 3.3.6.1 Ensayo de los especímenes compactados

A partir de los especímenes compactados se puede determinar los valores aproximados de los parámetros volumétricos y de la estabilidad, sin embargo, los parámetros volumétricos a menudo no son evaluados ya que solo se realizan cálculos de aproximaciones debido a la posibilidad de que haya algo de humedad en los especímenes compactados. En el caso de obtener valores más precisos, se debe tener en cuenta la humedad existente en los especímenes compactados y la máxima densidad teórica, rice, debe ser determinada con una mezcla suelta, libre de humedad. (ASPHALT INSTITUTE, 2001, pág. 98)

#### A. Parámetros Volumétricos.

El método más simple y más usado para obtener la densidad bruta (Bulk density) es dividir el peso del espécimen en el aire por el volumen (calculado luego de medirlo),

este método solo considera las medidas geométricas y el peso del espécimen compactado.

$$Db = \frac{Wa}{H * A}$$

Donde:

$D_b$  = Densidad bruta de un espécimen de la mezcla compactada

$W_a$  = Peso, en el aire, del espécimen compactado

$H$  = Altura del espécimen compactado

$A$  = Área de la sección transversal de un espécimen compactado

(ASPHALT INSTITUTE, 2001, pág. 98)

## **B. Ensayo de Estabilidad.**

1. La estabilidad y flujo en el ensayo Marshall se determina siguiendo los procedimientos de la norma ASTM D 1559, con la excepción de que los especímenes serán colocados en un baño de aire por un mínimo de dos horas a la temperatura de ensayo,  $25 \pm 1^\circ\text{C}$ . Para la mayoría de los pavimentos de bajo o mediano volúmenes de tráfico, se ha encontrado que una estabilidad de 2224 N (500 libras) o mayor es satisfactorio. La experiencia local puede justificar un diferente valor mínimo de estabilidad.

2. La estabilidad en el ensayo de Hveem se determina siguiendo los procedimientos de ASTM D 1560 (Resistencia a la deformación, párrafos 4 a 9), con la excepción de que los especímenes compactados serán colocados en un baño de aire por un minuto de dos horas a la temperatura de ensayo,  $25 \pm 1^\circ\text{C}$ . Para la mayoría de los pavimentos de bajo y mediano tráfico, se ha encontrado que una estabilidad de 30 o mayor es satisfactoria. La experiencia local puede justificar un diferente valor mínimo de estabilidad. (ASPHALT INSTITUTE, 2001, págs. 98-99)

## CAPÍTULO IV

### ESTUDIO DE TRÁFICO.

#### 4.1 Introducción.

El estudio de tráfico es uno de los aspectos esenciales para el diseño y análisis de la estructura del pavimento, que se requiere para estimar las cargas aplicadas y la frecuencia con la cual esas cargas serán utilizadas a lo largo de la vida útil del diseño del pavimento.

El estudio de tráfico vehicular tiene como finalidad cuantificar, clasificar y conocer el volumen de los vehículos que se movilizan por la vía, así como estimar el origen – destino de los vehículos, elemento indispensable para la evaluación económica y determinación del tipo de carretera a diseñar.

El tráfico se lo define como el desplazamiento de bienes y/o personas en los medios de transporte; mientras que, el tránsito viene a ser el flujo de vehículos que circulan por la vía, pero usualmente se la denomina tráfico vehicular.

El estudio de tráfico de la vía Libertador Bolívar-Sitio Nuevo, se realiza para determinar el Tráfico Promedio Diario Anual (T.P.D.A) proyectada a 20 años, que servirá de base para clasificar la vía de estudio, y el número de ejes equivalentes de 8.2 Tn para diseño de la estructura del pavimento.

#### 4.2 Conteo de Tráfico.

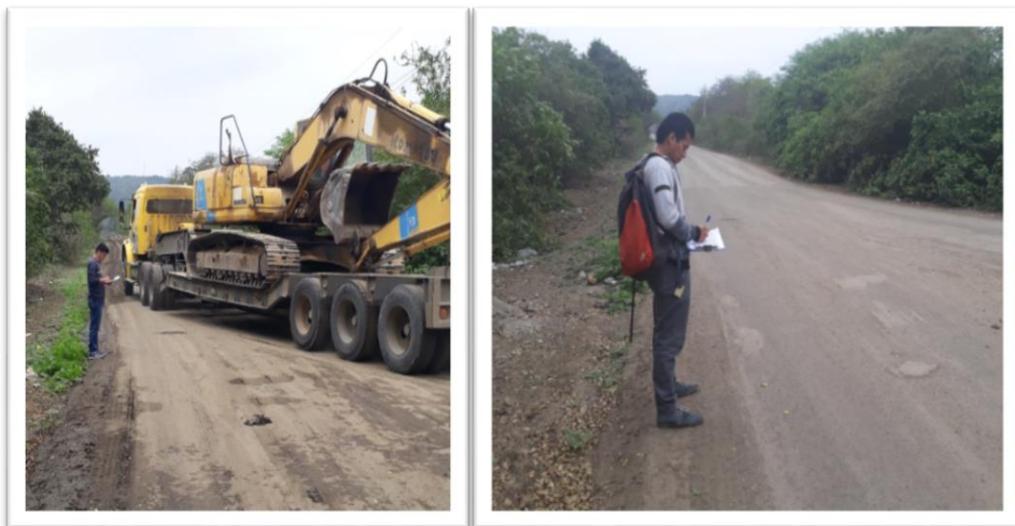
El tráfico de una carretera esta medido por la cantidad de vehículos que pasan por una determinada estación durante un periodo de tiempo dado. La información sobre el tráfico debe comprender la determinación del tráfico actual (volúmenes y tipos de vehículos). El tráfico futuro se lo obtiene con la proyección del tráfico actual en base a índices de crecimiento vehicular, más tráfico generado, más tráfico por desarrollo y más tráfico atraído. Los elementos de análisis para la obtención del flujo del tránsito son múltiples y dependen de factores tales como por las horas del día, de la semana y meses del año. (NARANJO ROMO, 2015)

Para establecer el T.P.D.A, se debe escoger una estación de conteo permanente que permita conocer las variaciones diarias, semanales y estacionales, cuya estación quedo definida en el cruce de la vía Libertador Bolívar-Sitio Nuevo, donde solo existe una intersección para entrada y salida de vehículos.



*Figura 27 Estación de Conteo (Cruce Libertador Bolívar – Sitio Nuevo)*

*Fuente: Danny Zavala – Cesar Zambrano*



*Figura 28 Estación Única (Conteo de tráfico vehicular)*

*Fuente: Danny Zavala – Cesar Zambrano*

### **4.3 Tipos de Vehículos.**

De acuerdo al número y disposición de los ejes, los vehículos se clasifican en dos grupos generales:

#### **4.3.1 Vehículos Livianos.**

Son los que incluyen aquellos vehículos diseñados especialmente para el transporte de pasajeros tales como motocicletas y los automóviles, así como a otros vehículos ligeros como camionetas y pickups, con capacidad de ocho pasajeros y ruedas sencillas en el eje trasero.

#### **4.3.2 Vehículos Pesados.**

Son los que incluyen aquellos vehículos diseñados especialmente para el transporte de cargas pesadas tales como camiones, buses y combinaciones de camiones (semirremolques y remolques), de más de cuatro toneladas de peso y doble llanta en las ruedas traseras.

El Ministerio de Transporte y Obras Publicas considera varios tipos de vehículos de diseño, más o menos equivalente a los de la AASHTO, como se muestra a continuación.

- Vehículos Livianos (A): A1 usualmente para motocicletas, A2 para automóviles.
- Buses y busetas (B): que sirven para transportar pasajeros en forma masiva.
- Camiones (C): Para el transporte de carga, que pueden ser de dos ejes (C-1), camiones o tracto-camiones de tres ejes (C-2) y también de cuatro, cinco o más ejes (C-3).
- Remolques (R): Con uno o dos ejes verticales de giro y una cantidad completamente remolcada, tipo tráiler o tipo Dolly.

(NEVI-12-MTOP, 2013, pág. 37)

#### 4.4 Clasificación de los Vehículos.

Se pudo observar que en la estación del cruce de la vía Libertador Bolívar-Sitio Nuevo, los vehículos se clasifican en su mayor parte en motos y livianos con poco flujo de vehículos pesados, a continuación, se detalla una clasificación de los vehículos más transitados por la zona de estudio.

*Tabla 13*  
*Clasificación Vehicular.*

Tipo	Vehículo	Descripción
Motos		Son los tipos de motocicletas tales como, minimotos y taxi motos.
Automóvil		Son vehículos de hasta una tonelada de carga.
Camioneta		Estas pueden ser vehículos con capacidad de hasta 8 pasajeros compuesta de ruedas sencillas en el eje trasero.
Livianos de carga		Corresponden a vehículos cuyo peso máximo es de 4 toneladas o menores a ellas.
Camión de carga		Son todos aquellos camiones tipo C2 (2 ejes) y C3 (3 ejes), con un peso mayor a 5 ton

Tracto Camión		Es un tipo de articulado el cual cuenta con una cabina o tracto camión compuesta de 5 o más ejes.
---------------	--	---

Elaborado: Danny Zavala – Cesar Zambrano

Se empleó el siguiente formato para el conteo volumétrico diario.

CONTEO DE TRAFICO VEHICULAR									
UBICACIÓN:		LIBERTADOR BOLIVAR - SITIO NUEVO							
DÍA:									
FECHA:									
TIEMPO DE CONTEO:		12 HORAS							
HORAS	MOTOS	LIVIANOS	CAMIONES				TRACTOR CAMION	TOTAL DE VEHICULOS	
			2D 	2DA 	2DB 	3A 	3S3 		
6:00 AM	7:00 AM								
7:00 AM	8:00 AM								
8:00 AM	9:00 AM								
9:00 AM	10:00 AM								
10:00 AM	11:00 AM								
11:00 AM	12:00 PM								
12:00 PM	13:00 PM								
13:00 PM	14:00 PM								
14:00 PM	15:00 PM								
15:00 PM	16:00 PM								
16:00 PM	17:00 PM								
17:00 PM	18:00 PM								
SUMAN									

Figura 29 Modelo para el conteo volumétrico de trafico

Fuente: Danny Zavala – Cesar Zambrano

#### 4.4.1 Vehículos tipo.

“La AASHTO considera que el vehículo de diseño, es un tipo de vehículo cuyo peso, características de operación y dimensiones se usan para establecer los controles de diseño que acomoden vehículos del tipo designado” (BRAVO CASTRO & JALON VILLAGRAN, 2016, pág. 23)

El Ministerio de Transporte y Obras Públicas considera varios tipos de vehículos de diseño equivalentes a los de la AASHTO que se muestra a continuación:

CUADRO DEMOSTRATIVO DE TIPO DE VEHÍCULOS MOTORIZADOS REMOLQUES Y SEMIREMOLQUES								
TIPO	DISTRIBUCIÓN MÁXIMA DE CARGA POR EJE	DESCRIPCIÓN	PESO MÁXIMO PERMITIDO (Ton.)	LONGITUDES MÁXIMAS PERMITIDAS (metros)				
				Largo	Ancho	Alto		
2 D			CAMIÓN DE 2 EJES PEQUEÑO	7	5,00	2,60	3,00	
2DA			CAMIÓN DE 2 EJES MEDIANOS	10	7,50	2,60	3,50	
2DB			CAMIÓN DE 2 EJES GRANDES	18	12,20	2,60	4,10	
3-A			CAMIÓN DE 3 EJES	27	12,20	2,60	4,10	
3S3			TRACTO CAMIÓN DE 3 EJES Y SEMIREMOLQUE DE 3 EJES	48	20,50	2,60	4,30	

Figura 30 Clasificación de vehículos de acuerdo al MTOP

Fuente: (NEVI-12-MTOP, 2013, págs. 39,40)

#### 4.5 Cuento Volumétrico de Tráfico.

Se realizó el conteo de tráfico para ambos sentidos de circulación, durante 7 días consecutivos, 12 horas diarias de las 6:00 AM hasta las 18:00 PM, este conteo corresponde a la primera semana del mes de septiembre del 2018.

##### 4.5.1 Factor de Ajuste de 12 a 24 horas.

Es un valor que sirve para calcular el volumen de tránsito ajustado a 24 horas. Por ende, se tiene que efectuar un conteo vehicular de un día completo, este factor será la relación del volumen vehicular de 24 horas entre el volumen vehicular de 12 horas de un mismo día. Su ecuación es:

$$Factor_{ajuste\ 24horas} = \frac{Volumen\ 24\ horas}{Volumen\ 12\ horas}$$



*Figura 31* Conteo Vehicular Nocturno  
*Fuente:* Danny Zavala – Cesar Zambrano

Para el caso de la vía Libertador Bolívar-Sitio Nuevo, el tránsito nocturno se aplicó el día viernes 7 de septiembre del 2018, por lo que se tomó el total de los vehículos contabilizados durante las 24 horas entre los contabilizados en las 12 horas, dando como resultado un factor de ajuste para ese día.

*Tabla 14*  
*Conteo vehicular, con tránsito nocturno y cálculo del factor de ajuste*

Tipo de Vehículos	Viernes 7 de septiembre 2018		
	12 horas (Día) (06:00-18:00)	12 horas (Noche) (18:00-06:00)	Total 24 horas
Motos	216	65	281
Vehículos livianos	102	32	134
Camión 2D	41	12	53
Camión 2DA	16	4	20
Camión 2DB	0	0	0
Camión 3A	2	0	2
Tracto Camión 3S3	0	0	0
SUMAN	377	113	490
Factor Ajuste nocturno	1,30		

*Elaborado:* Danny Zavala – Cesar Zambrano

$$Factor_{ajuste\ 24horas} = \frac{490}{377} = 1,30$$

Cabe mencionar, que el tránsito tiene un comportamiento similar durante toda la semana, se consideró el factor calculado de 1,30 aplicable a todos los días de la semana.

A continuación, se presenta el cuadro de resumen del aforo semanal realizado durante los días 3 al 9 de septiembre del 2018, el mismo contiene los tipos de vehículos más visualizados durante la semana de conteo.

*Tabla 15*  
*Resumen conteo vehicular semanal*

Fecha	Dia	Hora	Motos	Vehículos livianos	Camiones				Tracto Camión 3S3	Total, General
					2D	2DA	2DB	3A		
3/9/2018	Lunes	6:00 a 18:00	206	100	24	4	2	0	2	338
4/9/2018	Martes	6:00 a 18:00	177	105	24	2	2	0	2	312
5/9/2018	Miércoles	6:00 a 18:00	180	100	26	8	0	0	0	314
6/9/2018	Jueves	6:00 a 18:00	190	105	30	0	6	2	0	333
7/9/2018	Viernes	6:00 a 18:00	216	102	41	16	0	2	0	377
8/9/2018	Sábado	6:00 a 18:00	225	107	22	7	2	0	0	363
9/9/2018	Domingo	6:00 a 18:00	250	124	25	0	0	0	0	399
Conteo durante 12 horas del día			1444	743	192	37	12	4	4	<b>2436</b>
Factor ajuste nocturno			1,30							
Conteo durante 24 horas del día			1877	966	250	48	16	5	5	<b>3167</b>
Suman			2843		324					
Descripción			Livianos		Pesados					
% de Vehículos			59,28	30,50	7,88	1,52	0,50	0,16	0,16	<b>100,00</b>

*Elaborado: Danny Zavala – Cesar Zambrano*

Como se puede apreciar en la tabla 15 del resumen semanal del conteo vehicular, la composición del tráfico existente está conformado por: motos 59.27%, Vehículos livianos 30.49%, camión (2D) 7,88%, camión (2DA) 1,52%, camión (2DB) 0,49%,

camión (3A) 0,16% y tracto camión (3S3) 0.16%, el mayor porcentaje está representado en motos y livianos, ya que es el medio de transporte más usado por comuneros para trasladarse de la comuna Sitio Nuevo hacia diferentes recintos cercanos.

#### 4.6 Determinación del Tráfico Promedio Diario Anual (T.P.D.A).

Para determinar el tráfico promedio diario anual se toma como base el conteo realizado en la estación del cruce de la vía Libertador Bolívar-Sitio Nuevo, con estos valores se procede a calcular el tráfico promedio diario semanal (T.P.D.S), el cual es de gran importancia para el cálculo del T.P.D.A.

“En vías de dos sentidos de circulación, se considera el volumen de tráfico en las dos direcciones. Habitualmente para este tipo de vías, el número de vehículos al final del día es semejante en los dos sentidos de circulación.” (MTOP, NORMAS DE DISEÑO GEOMETRICO DE CARRETERAS, 2003, pág. 11)

##### 4.6.1 Cálculo del TPDS.

El tránsito promedio diario semanal es el número de vehículos que pasan por un lugar determinado durante una semana, dividido entre 7 días.

- TPDS (Vehículos Livianos).

$$TPDS \text{ veh. liv} = \frac{N^{\circ} \text{ de veh. liv y motos contados en la semana}}{N^{\circ} \text{ de dias contados en la semana}}$$

$$TPDS \text{ veh. liv} = \frac{2843}{7}$$

$$TPDS \text{ veh. liv} = 406 \text{ Veh /dia / en ambos sentidos}$$

- TPDS (Vehículos Pesados).

$$TPDS \text{ veh. pesados} = \frac{N^{\circ} \text{ de veh. pesados contados en la semana}}{N^{\circ} \text{ de dias contados en la semana}}$$

$$TPDS_{veh.liv} = \frac{324}{7}$$

$$TPDS_{veh.liv} = 46 \text{ Veh / dia / en ambos sentidos}$$

El Tráfico promedio diario semanal (TPDS) será la suma del TPDS de vehículos livianos más el TPDS de vehículos pesados.

$$TPDS = TPDS_{veh.livianos} + TPDS_{veh.pesados}$$

$$TPDS = 406 + 46$$

$$TPDS = 452 \text{ Veh/día/en ambos sentidos}$$

#### 4.6.2 Cálculo del TPDA (Existente).

El T.P.D.A. (Existente) es el tráfico que posee la vía antes de mejorarla, y se obtendrá mediante la siguiente ecuación:

$$TPDA_{Ext} = (TPDS_{veh.liv}) * (Fm_{veh.liv}) * (Fd) + (TPDS_{veh.pesad}) * (Fm_{veh.pesad}) * (Fd)$$

En donde:

$TPDS_{veh.Liv}$  = Tráfico Promedio Diario Semanal (Vehículos Livianos).

$TPDS_{veh.Pes}$  = Tráfico Promedio Diario Semanal (Vehículos Pesados).

$Fm_{veh.liv}$  = Factor de ajuste mensual para motos y veh. livianos.

$Fm_{veh.pesad}$  = Factor de ajuste mensual para veh. pesados.

$Fd$  = Factor de ajuste diario.

#### 4.6.2.1 Factor de Ajuste Diario (Fd).

Los factores diarios los obtenemos en base al conteo vehicular realizado durante la semana del mes de septiembre del 2018. El factor de ajuste diario se la define como:

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

Donde:

TD= Tránsito diario.

TPDS= Tránsito promedio diario semanal.

Tabla 16  
Factor de Ajuste diario

Fecha	Días de la semana	TD (Veh/día)	<b>TD</b> <b>TPDS</b>
3/9/2018	Lunes	439,4	0,971
4/9/2018	Martes	405,6	0,897
5/9/2018	Miércoles	408,2	0,902
6/9/2018	Jueves	432,9	0,957
7/9/2018	Viernes	490,1	1,083
8/9/2018	Sábado	471,9	1,043
9/9/2018	Domingo	518,7	1,147
<b>TOTAL=</b>		3166,8	
<b>TPDS=</b>		452,40	

Elaborado: Danny Zavala – Cesar Zambrano

El factor diario usado para hallar el TPDA (Existente), será el promedio de la suma de los factores diarios calculados durante toda la semana entre 7 días de conteo vehicular.

$$Fd = \frac{0,971 + 0,897 + 0,902 + 0,957 + 1,083 + 1,043 + 1,147}{7}$$

$$Fd = \frac{7}{7}$$

$$Fd = 1,00$$

Para este trabajo de investigación el factor diario (Fd) es igual a 1,00.

#### 4.6.2.2 Factor de Ajuste Mensual (Fm).

Estos valores son obtenidos en base al cálculo del consumo de combustible de la Provincia de Santa Elena.

*Tabla 17*

*Ajuste mensual para motos y livianos en base al consumo de combustible.*

<b>MES</b>	<b>FACTOR</b>
Enero	1,026
Febrero	0,961
Marzo	0,827
Abril	1,017
Mayo	1,037
Junio	1,064
Julio	1,044
Agosto	0,936
Septiembre	1,078
Octubre	1,097
Noviembre	1,009
diciembre	0,969

*Tabla 18*

*Ajuste mensual para buses y pesados de dos o más ejes en base al consumo de combustible.*

<b>MES</b>	<b>FACTOR</b>
Enero	1,046
Febrero	1,029
Marzo	0,991
Abril	1,096
Mayo	1,050
Junio	1,022
Julio	1,021
Agosto	0,908
Septiembre	1,014
Octubre	1,005
Noviembre	0,983
diciembre	0,881

Los valores a escoger se realizarán en base al factor más representativo es decir el valor más alto.

**Fm (octubre) para motos y livianos = 1,097**

**Fm (abril) para buses y pesados de dos o más ejes = 1,096**

Remplazando lo valores de Fd y Fm, la expresión nos queda de la siguiente manera:

$$TPDA_{Ext} = (TPDS_{Veh.liv}) * (Fm_{Veh.liv}) * (Fd) + (TPDS_{Veh.pesad}) * (Fm_{Veh.pesad}) * (Fd)$$

$$TPDA_{Existente} = ((406) * (1.097) * (1.00)) + (46) * (1.096) * (1.00))$$

$$TPDA (Existente) = 496 Veh. Mixtos/día/Ambos sentidos$$

Calculado TPDA (Existente), se ha determinado una cantidad de 496 vehículos promedio diario anual para la vía de acceso a la comuna sitio nuevo.

A continuación, se detalla la composición de vehículos de acuerdo al TPDA calculado.

*Tabla 19*  
*Composición de Vehículos*

<b>Tipos de Vehículos</b>	<b>N° de Vehículos</b>	<b>% Veh/día</b>	<b>TPDA (Existente)</b>	<b>N° de Vehículos</b>
Motos	1877	59,28		294
Vehículos Livianos	966	30,50		151
Camión (2D)	250	7,88		39
Camión (2DA)	48	1,52	496	8
Camión (2DB)	16	0,50		2
Camión (3A)	5	0,16		1
Tracto Camión (3S3)	5	0,16		1
<b>Totales</b>	<b>3167</b>	<b>100,00</b>		<b>496</b>

*Elaborado: Danny Zavala – Cesar Zambrano*

### 4.6.2.3 Índice de Crecimiento Vehicular.

Para la proyección del tráfico se utilizó la tasa de crecimiento según los periodos y tipos de vehículo, la tabla 20 es la más usada para estudios de diseños viales para la provincia de Santa Elena.

Tabla 20  
Tasas de crecimientos de transito anual.

TASAS DE CRECIMIENTO	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES
2010-2015	4,21	2,24	2,52
2015-2020	3,75	1,99	2,24
2020-2025	3,37	1,80	2,02
2025-2030	3,06	1,63	1,84

Fuente: Departamento de factibilidad del MTOP.

### 4.7 Transito Futuro (TF).

El pronóstico del volumen y composición del tráfico futuro se basa en el tráfico actual. Los diseños se basan en una predicción del tráfico a 15 o 20 años y el crecimiento normal del tráfico, el tráfico generado y el crecimiento del tráfico por desarrollo. (MTOP, NORMAS DE DISEÑO GEOMETRICO DE CARRETERAS, 2003, pág. 46).

El Tránsito Futuro (TF), se da por la suma del Tráfico Proyectado o Incremento de Tránsito, más el Tráfico Generado, más el Tráfico por Desarrollo y más el Tráfico Desviado o Atraído.

$$TF= IT + Tg + TD + Tat$$

Donde:

TF: Tráfico Futuro.

IT= Incremento de tránsito (TPDA proyectado a 20 años).

Tg: Tráfico Generado.

TD: Tráfico de Desarrollo.

Tat: Tráfico Atraído o Desviado.

#### **4.7.1 Proyección de Tráfico.**

Las carreteras nuevas o los mejoramientos de las existentes se deben diseñar con base en el tránsito que se espera que va a usarlas. Es deseable, entonces, que el diseño se haga para acomodar el volumen de tránsito que se espera que se presente en el último año de vida útil, con mantenimiento razonable, suponiendo que el volumen esperado para cada año es mayor que el año anterior. La determinación del tráfico futuro es lo que se llama proyección del tráfico. (NEVI-12-MTOP, 2013, pág. 52)

Para realizar la proyección de tránsito en el trabajo de investigación como indica la Norma de Diseño Geométrico-2003, el cual se basa en predicciones de 15 a 20 años, por ende, en este estudio de tránsito se tomará para 20 años de proyección.

#### **4.7.2 Incremento de Transito.**

El Incremento de Tránsito es la cantidad de vehículos que se aumentan en un periodo de diseño, por lo general medidos en tránsito promedio diario, debido al mejoramiento de las condiciones de la vía.

$$IT = TE * (1 + i)^n$$

Donde:

IT= Incremento de tránsito (TPDA proyectado a 20 años).

TE: Tráfico existente o (TPDA existente).

i= Tasa de Crecimiento vehicular.

n= Periodo de Proyección, expresado en años.

Tabla 21  
Incremento de Tránsito

INCREMENTO DE TRÁNSITO (IT)									
Año	n	Motos	Livianos	Camiones					TPDA
				2D	2DA	2DB	3A	3S3	
		3,75%		2,24%					
2018	0	294	151	39	8	2	1	1	496
2019	1	305	157	40	8	2	1	1	514
2020	2	317	163	41	8	3	1	1	532
2021	3	328	169	42	8	3	1	1	552
		3,37%		2,02%					
2022	4	336	173	42	8	3	1	1	564
2023	5	347	179	43	8	3	1	1	582
2024	6	359	185	44	8	3	1	1	601
2025	7	371	191	45	9	3	1	1	620
2026	8	383	197	46	9	3	1	1	640
		3,06%		1,84%					
2027	9	386	198	46	9	3	1	1	644
2028	10	398	205	47	9	3	1	1	663
2029	11	410	211	48	9	3	1	1	683
2030	12	422	217	49	9	3	1	1	703
2031	13	435	224	50	10	3	1	1	723
2032	14	449	231	50	10	3	1	1	745
2033	15	462	238	51	10	3	1	1	767
2034	16	476	245	52	10	3	1	1	789
2035	17	491	253	53	10	3	1	1	813
2036	18	506	260	54	10	3	1	1	837
2037	19	521	268	55	11	3	1	1	861
2038	20	537	277	56	11	4	1	1	887

Elaborado: Danny Zavala – César Zambrano

#### 4.7.3 Tránsito Generado.

El Tránsito Generado está constituido por aquel número de viajes que se efectuarían solo si las mejoras propuestas ocurren, generalmente este se produce dos años siguientes a la terminación de las mejoras o construcción de una carretera. El MTOP en las Normas de Diseño Geométrico (2003) “Se establece como límite máximo de incremento de tráfico generado el correspondiente a un 20 por ciento del tráfico normal para el primer año de operación del proyecto. Para los restantes años del periodo de pronósticos, el tráfico generado se estima que crecerá a la misma tasa que el tráfico normal.” (pág. 20).

Según la normativa AASHTO para el cálculo del Tránsito Generado se establece tasas de incrementos entre el 5% y el 25% del Tránsito Existente.

Para este estudio, se tomará el 5% de Tránsito Generado se acuerdo a la AASHTO debido a que esta vía se encuentra en una zona rural y en vista de que el tránsito en su mayoría está representado por motos y livianos y que en gran parte solo es usado como medio de transporte de los comuneros para trasladarse de la comuna Sitio Nuevo a diferente recintos cercanos, en vista de esto no se tomará valores tan elevados de tránsito generado si se llegara a construir la vía.

Tabla 22  
Tránsito Generado

TRANSITO GENERADO TG=5% TPDA proyectado									
Año	n	Motos	Livianos	Camiones					TPDA
				2D	2DA	2DB	3A	3S3	
2018	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2019	1	0	0	0	0	0	0	0	0
2020	2	0	0	0	0	0	0	0	0
2021	3	16	8	2	0	0	0	0	28
2022	4	17	9	2	0	0	0	0	28
2023	5	17	9	2	0	0	0	0	29
2024	6	18	9	2	0	0	0	0	30
2025	7	19	10	2	0	0	0	0	31
2026	8	19	10	2	0	0	0	0	32
2027	9	19	10	2	0	0	0	0	32
2028	10	20	10	2	0	0	0	0	33
2029	11	20	11	2	0	0	0	0	34
2030	12	21	11	2	0	0	0	0	35
2031	13	22	11	2	0	0	0	0	36
2032	14	22	12	3	0	0	0	0	37
2033	15	23	12	3	0	0	0	0	38
2034	16	24	12	3	1	0	0	0	39
2035	17	25	13	3	1	0	0	0	41
2036	18	25	13	3	1	0	0	0	42
2037	19	26	13	3	1	0	0	0	43
<b>2038</b>	<b>20</b>	<b>27</b>	<b>14</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>44</b>

Elaborado: Danny Zavala – César Zambrano

#### 4.7.4 Tránsito Desarrollado (TD).

Este tráfico se produce por la incorporación de nuevas áreas de explotación o por incremento de la producción de las tierras localizadas dentro del área de influencia de la carretera. Este componente del tráfico futuro, puede continuar incrementándose durante parte o todo el periodo de estudio. Generalmente se considera su efecto a partir de la incorporación de la carretera al servicio de los usuarios. (MTO, NORMAS DE DISEÑO GEOMETRICO DE CARRETERAS, 2003, pág. 21) .

Según la normativa AASHTO se considera este incremento del (5% - 8%) del tráfico existente, para este caso se tomará el 5% de Tránsito de Desarrollo, en base a que la comuna Sitio Nuevo tiene como principal actividad económica la agricultura.

Tabla 23  
Tránsito por desarrollo

TRANSITO POR DESARROLLO TD=5% TPDA proyectado									
Año	n	Motos	Livianos	Camiones					TPDA
				2D	2DA	2DB	3A	3S3	
2018	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2019	1	0	0	0	0	0	0	0	0
2020	2	0	0	0	0	0	0	0	0
2021	3	16	8	2	0	0	0	0	28
2022	4	17	9	2	0	0	0	0	28
2023	5	17	9	2	0	0	0	0	29
2024	6	18	9	2	0	0	0	0	30
2025	7	19	10	2	0	0	0	0	31
2026	8	19	10	2	0	0	0	0	32
2027	9	19	10	2	0	0	0	0	32
2028	10	20	10	2	0	0	0	0	33
2029	11	20	11	2	0	0	0	0	34
2030	12	21	11	2	0	0	0	0	35
2031	13	22	11	2	0	0	0	0	36
2032	14	22	12	3	0	0	0	0	37
2033	15	23	12	3	0	0	0	0	38
2034	16	24	12	3	1	0	0	0	39
2035	17	25	13	3	1	0	0	0	41
2036	18	25	13	3	1	0	0	0	42
2037	19	26	13	3	1	0	0	0	43
<b>2038</b>	<b>20</b>	<b>27</b>	<b>14</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>44</b>

Elaborado: Danny Zavala – Cesar Zambrano

#### 4.7.5 Tránsito Atraído (Tat).

Es aquel atraído desde otras carreteras o medios de transporte, una vez que entre en servicio la vía mejorada, en razón de ahorros de tiempo, distancia o costo. (MTO, NORMAS DE DISEÑO GEOMETRICO DE CARRETERAS, 2003, pág. 17).

Al analizar la vía Libertador Bolívar-Sitio Nuevo, se pudo observar que no existen conexiones directas a otras rutas que los vehículos puedan tomar como ahorro de tiempo o distancia por lo que el tráfico desviado es igual a 0 para el proyecto de investigación.

#### 4.7.5 Composición del Tráfico Proyectado para 20 años.

A continuación, se presenta el tráfico futuro (TPDA) proyectado para el año 2038 de la vía Libertador Bolívar-Sitio Nuevo.

Tabla 24  
Tránsito Futuro para el año 2038

TRÁNSITO FUTURO = IT + Tg +TD +Tat									
Año	N	Motos	Livianos	Camiones					TPDA
				2D	2DA	2DB	3A	3S3	
2018	0	294	151	39	8	2	1	1	496
2019	1	305	157	40	8	2	1	1	514
2020	2	317	163	41	8	3	1	1	532
2021	3	361	186	46	9	3	1	1	607
2022	4	369	190	47	9	3	1	1	620
2023	5	382	196	48	9	3	1	1	640
2024	6	395	203	49	9	3	1	1	661
2025	7	408	210	49	10	3	1	1	682
2026	8	422	217	50	10	3	1	1	704
2027	9	424	218	51	10	3	1	1	708
2028	10	437	225	52	10	3	1	1	729
2029	11	451	232	53	10	3	1	1	751
2030	12	464	239	54	10	3	1	1	773
2031	13	479	246	55	11	3	1	1	796
2032	14	493	254	56	11	3	1	1	819
2033	15	508	262	57	11	4	1	1	843
2034	16	524	270	58	11	4	1	1	868
2035	17	540	278	59	11	4	1	1	894
2036	18	557	286	60	12	4	1	1	920
2037	19	574	295	61	12	4	1	1	948
<b>2038</b>	<b>20</b>	<b>591</b>	<b>304</b>	<b>62</b>	<b>12</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>976</b>

Elaborado: Danny Zavala – Cesar Zambrano

#### 4.8 Clasificación de la vía según el M.T.O.P.

Según el tráfico proyectado para 20 años para la vía en estudio se tiene que es de **976 veh/día**, valor con el que acogiéndose a la tabla 25 basada en el cuadro III-2 del libro Normas de Diseño Geométrico de Carreteras – 2003, emitida por el MTOP será una vía de **Tercer Orden**.

Tabla 25

Clasificación de carreteras en función del tráfico proyectado

Clase de Carretera (Según MOP)	Trafico Proyectado (TPDA)
<b>R-I o R-II</b>	Mas de 8000
<b>I</b>	De 3000 a 8000
<b>II</b>	De 1000 a 3000
<b>III</b>	De 300 a 1000
<b>IV</b>	De 100 a 300
<b>V</b>	Menos de 100

Fuente: (MTOP, NORMAS DE DISEÑO GEOMETRICO DE CARRETERAS, 2003, pág. 22)

##### 4.8.1 Clase de Carretera según normativa M.T.O.P.

En el Ecuador, el MTOP ha clasificado tradicionalmente las carreteras de acuerdo a un cierto grado de importancia basado más en el volumen del tráfico y el número de calzadas requeridos que en su función jerárquica. Aquí se incorpora este criterio que cimentará las bases de la estructura de la red vial del país del nuevo milenio. El cuadro se presenta la relación entre la función jerárquica y la clasificación de las carreteras según el MTOP. (MTOP, NORMAS DE DISEÑO GEOMETRICO DE CARRETERAS, 2003, pág. 23).

Tabla 26  
Determinación de la función de la vía

<b>FUNCIÓN</b>	<b>Clase de Carretera (Según MTOP)</b>	<b>Trafico Proyectado (TPDA)</b>
<b>Corredor Arterial</b>	RI – RII	> 800
	I	3000 - 8000
	II	1000 - 3000
<b>Colectora</b>	I	3000 - 8000
	II	1000 - 3000
	III	300 - 1000
<b>Vecinal</b>	IV	100 - 300
	V	< 100

Fuente: (MTOP, NORMAS DE DISEÑO GEOMETRICO DE CARRETERAS, 2003, pág. 23)

La función de la vía Libertador Bolívar-Sitio Nuevo, será una colectora con un Tráfico Proyectado de 300 a 1000 vehículos/día.

#### **4.9 Determinación de Números de Ejes Equivalentes (ESALS).**

Para este procedimiento de diseño es preciso transformar el tráfico en un numero de ejes simples equivalentes a 80Kn (18 000 libras), que resistirá el pavimento en el periodo de diseño (5, 10, 20 años), es preciso definir un factor de transformación que a su vez será la suma de los diferentes coeficientes parciales correspondientes a cada tipo de vehículos pesados o cargas por eje simples o ejes tándem. Esta determinación se realiza con los vehículos pesados ya que los vehículos de tipo livianos no causan daño al pavimento.

##### **4.9.1 Tipos de Ejes.**

- Ejes Simples: son aquellos en que los vehículos tienen una o dos ruedas sencillas en sus extremos. En el primer caso se denomina eje sencillo de rueda simple y en el segundo eje sencillo de doble rueda.

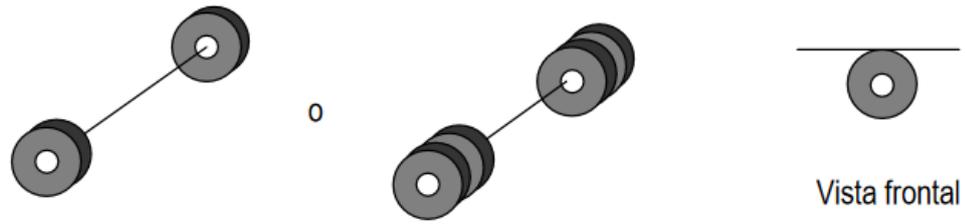


Figura 32 Ejes Simples

Fuente (MINAYA & ORDOÑEZ., 2014)

- Ejes Tándem: Es aquel que este compuesto por dos ejes simples con doble ruedas en ambos extremos.



Figura 33 Ejes Tándem

Fuente (MINAYA & ORDOÑEZ., 2014)

- Ejes Tridem: Es aquel que este compuesto por tres ejes simples con doble rueda en los extremos.



Figura 34 Ejes Tridem

Fuente (MINAYA & ORDOÑEZ., 2014)

## **4.9.2 Cuantificación de Factor de Equivalencia de Carga, Método AASHTO simplificado.**

En el método AASHTO simplificado la estructura de la vía se requiere que resista determinado número de cargas en el transcurso de su vida útil. El tránsito vehicular se compone por vehículos de diferente peso y número de ejes de 80 Kn o 18 Kips o 8.2 Ton. Los que se denomina ESAL (Equivalent Simple Axial Load). (LOZADA MOYA, 2018, pág. 53)

Para poder determinar el número de ESAL'S correspondiente a la vía de estudio, se realizará por el método AASHTO simplificado ya que es un método común utilizado por generar resultados confiables.

### **4.9.2.1 Factor Daño.**

Es un parámetro del efecto que causa al pasar sobre un pavimento el número de ejes de 8.2 toneladas que actúa en la estructura, se lo conoce como “Factor Daño”, para la carga patrón de 18 Kips, consiste sobre un eje simple de 4 ruedas (dos ruedas en ambos extremos), se le fijo un valor unitario, es señalar que cada vez que un eje simple de 18.000 lb., o 8.2 toneladas transita en la sección de pavimento flexible, esto genera en el pavimento un daño de uno (1). (CORREDOR M, 2010)

### **4.9.2.2 Factor de carga equivalentes.**

El Factor Equivalente de Carga o LEF es un valor numérico que expresa la relación entre la pérdida de serviciabilidad causada por una dada carga de un tipo de eje y la producida por el eje estándar de 80 KN en el mismo eje. (Cordo, 2006)

Los factores de cargas equivalentes son calculados a través de las siguientes formulas, que son aplicadas para cada tipo de ejes.

- *Eje simple (S-RS)*

$$LEF = \left( \frac{\text{Carga por eje (Tn)}}{6.6} \right)^4$$

- *Eje simple de llantas dobles (S-RD)*

$$LEF = \left( \frac{\text{Carga por eje (Tn)}}{8.2} \right)^4$$

- *Eje Tándem (TD)*

$$LEF = \left( \frac{\text{Carga por eje (Tn)}}{15} \right)^4$$

- *Eje tridém (TR)*

$$LEF = \left( \frac{\text{Carga por eje (Tn)}}{23} \right)^4$$

En la siguiente tabla se muestra el cálculo del factor de carga equivalente aplicada a cada eje por vehículo, por consiguiente, se tomarán los valores del tránsito futuro o proyectado del año 2021, ya que a partir de ahí se sumarán el Tráfico Generado, el Tráfico de Desarrollo y Tráfico Atraído o desviado.

Tabla 27  
Tránsito futuro para el año 2021

TRANSITO FUTURO = IT + Tg +TD +Tat									
Año	n	Motos	Livianos	Camiones					TPDA
				2D	2DA	2DB	3A	3S3	
2021	3	361	186	46	9	3	1	1	607

Elaborado: Danny Zavala – Cesar Zambrano

Tabla 28  
Método Simplificado (N° DE ESALS)

Tipo de vehículo	TPDA	Tipo de Eje	Peso Ton/eje	Peso Kn/eje	Peso Kips/eje	LEF	N° Esals 8,2 Ton	N° Esals 8,2 Ton
Motos	361	-	-	-	-	-	-	-
Livianos	186	S-RS	3	29,4	6,6	0	0	0,00
		S-RS	4	39,24	8,8	0	0	
Camión (2D)	46	S-RS	3	29,4	6,6	0	0	0,00
		S-RS	4	39,24	8,8	0	0	
Camión (2DA)	9	S-RS	3	29,4	6,6	0,043	0,38	5,08
		S-RD	7	68,67	15,4	0,531	4,70	
Camión (2DB)	3	S-RS	7	68,7	15,4	1,265	3,64	12,94
		S-RD	11	107,91	24,2	3,238	9,30	
Camión (3A)	1	S-RS	7	68,7	15,4	1,265	1,21	4,24
		Tándem	20	196,2	44	3,160	3,03	
Tracto camión (3S3)	1	S-RS	7	68,7	15,4	1,265	1,21	5,37
		Tándem	20	196,2	44	3,160	3,03	
		Tridem	24	235,44	52,8	1,186	1,14	
SUMAN							27,63	27,63

Elaborado: Danny Zavala – Cesar Zambrano

### Ejemplo de la obtención del número de ESALS para el tipo de vehículos 2DA.

-Eje Simple llantas simples (S-RS)

-Eje Simple de llantas dobles (S-RD)

#### Cálculo del factor daño:

- Eje simple (S-RS) Peso=3 Ton

$$LEF_1 = \left(\frac{3}{6.6}\right)^4 = 0,0426$$

- Eje simple de llantas dobles (S-RD) Peso = 7 Ton

$$LEF_2 = \left(\frac{7}{8.2}\right)^4 = 0,531$$

**El número de ESALS de 8,2 Ton o 18000 Lb será:**

$$N^\circ \text{ Esals} = (LEF_1 * TPDA) + (LEF_2 * TPDA)$$

$$N^\circ \text{ Esals} = (0,0426*9) + (0,531*9)$$

$$N^\circ \text{ Esals} = 0,38 + 4,70 = 5,08 \text{ de } 8,2 \text{ Toneladas o } 18000 \text{ Libras}$$

### **4.9.3 Cuantificación de Factor de Equivalencia de Carga, Método AASHTO simplificado.**

A continuación, se mostrará la fórmula usada para el cálculo de ejes equivalente para un periodo de 20 años.

$$ESAL = (ESALo * 365 * Fd * Fc) \left( \frac{(1 + i)^n - 1}{i} \right)$$

Donde:

ESAL= Número de ejes equivalente para el periodo de diseño.

ESALo: Repeticiones de eje de carga Equivalente actual

Fd= Factor Dirección.

Fc= Factor Carril.

r= Tasa de crecimiento (Vehículos pesados).

n= Periodo de diseño (expresada en años).

- **Factor de distribución por Dirección.**

Factor de distribución por dirección o factor sentido que “en general es 0.5, es decir que, del total del flujo vehicular censado, la mitad va por cada dirección” (Cordo, 2006).

Se considera que para el cálculo del Esal's de diseño para la vía en estudio el 50% para cada dirección.

- **Factor de distribución por Carril.**

El carril de diseño es aquel que recibe el mayor número de Esal's, la vía de estudio por ser una vía de un solo carril por sentido, el LD será igual a 1.00 según la tabla de la normativa AASHTO que mostramos a continuación:

*Tabla 29*  
*Porcentaje de vehículos en el carril de diseño.*

Número de carriles en cada dirección	LD
1	1.00
2	0.80 - 1.00
3	0.60 - 0.80
4 o más	0.50 - 0.75

*Fuente:* (Cordo, 2006, pág. 58)

**Entonces:**

$$ESAL = (ESALo * 365 * Fd * Fc) \left( \frac{(1 + i)^n - 1}{i} \right)$$

ESALo= 27,63 Veh/día

Fd=0,5

Fc=1

i=2,24% Vehículos pesados

n= 20 años.

**Remplazando tenemos:**

$$ESAL = (27,63 * 365 * 0,5 * 1) \left( \frac{(1 + 0,0224)^n - 1}{0,0224} \right)$$

ESALS= 125494 Ejes equivalente de 8,2 Ton o 18000 Libras
--

## CAPÍTULO V

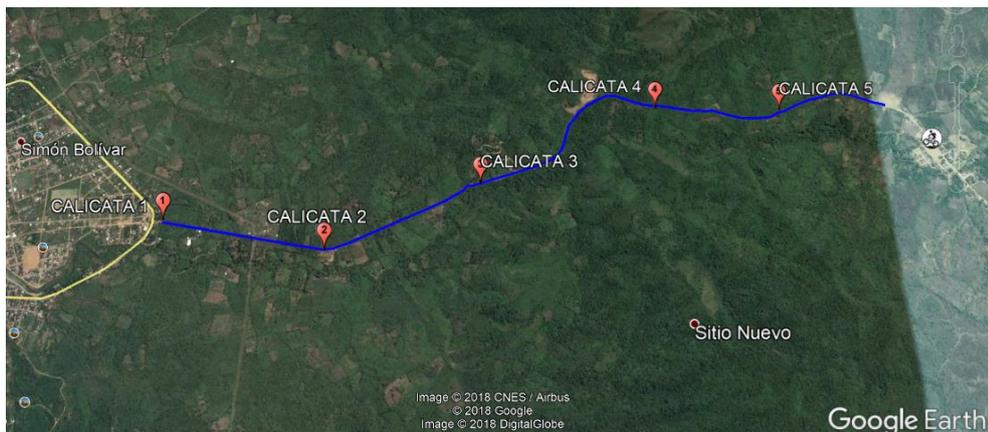
### ESTUDIOS GEOTÉCNICOS

#### 5.1 Introducción.

Una parte fundamental para este trabajo de investigación es la realización de los estudios de suelo, la cual permite conocer el comportamiento y propiedades físico-mecánica del terreno, A partir de este capítulo se demostrará la metodología y el proceso que se llevó a cabo para realizar los estudios de suelos de la vía Libertador Bolívar-Sitio Nuevo.

#### 5.2 Toma de muestras previo al análisis de suelo.

El método más eficaz para las tomas de muestras fue realizar pozos a cielo abierto en forma manual, se realizaron cinco calicatas con distancias de separación de 1 km de longitud, tal como se muestra en la figura 35 ilustrada. Llevando un registro detallado de los espesores de capas de cada calicata y tomando lecturas por cada cambio de espesor con el instrumento GEO GAUGE H4140 que indica el comportamiento de dos propiedades mecánicas del suelo como es el módulo de Young y la Rigidez.



*Figura 35 Ubicación de calicatas.*

*Fuente: Google Earth*

Tabla 30  
 Datos de las calicatas.

Calicata	Coordenadas		Espesor de capa (metro)	Clasificación de suelos	
	Norte	Este		SUCS	AASTHO
1	9792495.0	530359.0	0.25	GW-GC	A-2-6
			0.60	OL	A-7-6
			0.65	ML	A-6
2	9792310.0	531314.0	0.15	GM-GC	A-2-4
			0.60	SC	A-4
			0.10	SC	A-4
			0.65	OL	A-7-6
3	9792705.0	532210.0	0.20	GP-GC	A-2-4
			1.3	OL	A-7-5
4	9793222.0	533267.0	0.20	GW-GC	A-2-7
			0.15	GC	A-2-7
			1.15	CL	A-2-6
5	9793280.0	534452.0	0.20	GW-GC	A-2-6
			0.20	GC	A-2-7
			1.10	CH	A-7-6

Elaborado: Danny Zavala – Cesar Zambrano

Todas las calicatas se los realizaron a profundidades de 1,50 metros.



Figura 36 Pozo a cielo abierto - calicata 1.

Fuente: Danny Zavala – Cesar Zambrano



*Figura 37 Pozo a cielo abierto – calicata 2*

*Fuente: Danny Zavala – Cesar Zambrano*



*Figura 38 Pozo a cielo abierto – calicata 3*

*Fuente: Danny Zavala – Cesar Zambrano*



*Figura 39 Pozo a cielo abierto – calicata 4*

*Fuente: Danny Zavala – Cesar Zambrano*



*Figura 40 Pozo a cielo abierto – calicata 5*

*Fuente: Danny Zavala – Cesar Zambrano*

### 5.3 Ensayos de laboratorio.

Para poder lograr una buena caracterización del tipo de suelo, su resistencia y comportamiento en general se realizarán los ensayos mostrados a continuación:

#### 5.3.1 Cuarteo de muestras.

El cuarteo de muestra es uno de los principales pasos antes de realizar los ensayos de suelo, una vez extraídas el material de las calicatas se procedió a llevarlas al laboratorio de suelos de la carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

Para realizar el cuarteo, se procedió primeramente al regado de las muestras en una superficie limpia y plana del laboratorio, de esta manera se espera que el material seque a temperatura ambiente. Luego de 3 a 4 días aproximadamente de secado, se procedió al mezclado de material para obtener una muestra homogénea y posteriormente se divide en cuatro partes iguales, terminado esto se procede al pesaje y enfundado de las muestras para la realización de los ensayos de laboratorio tales como Granulometría, Límites, Proctor modificado, CBR y Abrasión de los Ángeles.



*Figura 41 Cuarteo de muestras.*

*Fuente: Danny Zavala – Cesar Zambrano*

### 5.3.2 Contenido de humedad.

(Norma ASTM D 2216 – 71)

La humedad o contenido de humedad de un suelo es la relación expresada como porcentaje del peso del agua en una masa de suelo, al peso de las partículas sólidas, es calculada por la siguiente expresión:

$$w(\%) = \frac{W_w}{W_s} \times 100$$

Donde:

W(%)= Contenido de humedad

Ww= Peso de agua existente en la muestra de suelo

Ws= Peso de las partículas sólidas

Equipos a utilizar:

- Recipientes pequeños y enumerados.
- Muestra a ensayar.
- Balanza electrónica.
- Espátula.
- Horno a temperatura de  $110 \pm 5^\circ\text{C}$ .
- Hojas de apuntes.

Procedimiento:

- Se procede a escoger una porción de la muestra recién extraída del sitio de estudio.
- Se la pesa en la balanza electrónica con en el recipiente enumerado.
- Se coloca en el horno durante 24 horas para que elimine su contenido de agua existente.
- Se procede a retirar el recipiente del horno y se deja enfriar a temperatura ambiente.
- Luego que se enfría el recipiente con la muestra al ambiente, se procede a pesar nuevamente en la balanza electrónica.
- Luego se calcula el contenido de humedad con la formula antes mencionada.



*Figura 42 Pesos húmedos del material de sitio.*

*Fuente: Danny Zavala – Cesar Zambrano*

Todos los resultados del ensayo del contenido de humedad se encuentran en la parte de anexos “B” del trabajo de investigación.

### **5.3.3 Análisis Granulométrico.**

**(Norma AASHTO T-87-70, T-88-70; ASTM D 421 – 58, D 422 – 63)**

El análisis granulométrico tiene como finalidad separar y clasificar las partículas de suelos por rangos de tamaños, haciendo usos de tamices o mallas con aberturas de diferentes dimensiones.

Equipos a utilizar:

- Horno a temperatura de  $110\pm 5^{\circ}\text{C}$ .
- Recipientes medianos enumerados.
- Balanza electrónica.
- Tamices (según el método a utilizar)
- Máquina tamizadora.
- Hojas de apuntes.

Procedimiento:

Análisis con lavado (Vía Húmeda).

- La misma muestra que se utilizó para contenido de humedad de suelos finos se procede al lavado respectivo cuidadosamente por el tamiz N° 200.
- El material retenido por la malla N° 200 se coloca en un recipiente y se deja secar al horno por 24 horas.
- Una vez secado el material lavado se procede al tamizado respectivo mediante la utilización de los tamices: N° 4, N°10, N°40, N°200.
- El material retenido por cada tamiz utilizado se pesa y se apunta el peso retenido por cada malla.



*Figura 43 Granulometría Método lavado (Vía húmeda).*

*Fuente: Danny Zavala – Cesar Zambrano*

#### Análisis con Cribado.

- Primero se realiza una homogeneidad de la muestra y se cuartea el material del suelo extendido.
- Se escoge la muestra más representativa que contenga material grueso y fino un peso aproximado de 10000kg.
- Se arma el juego de tamices según las siguientes aberturas: 3", 2", 1 ½", 1", ¾", ½", 3/8", N°4, fondo.
- Se vierte el material y se tamiza.

- Se pesa en la balanza electrónica el material retenido por cada tamiz utilizado.
- Luego del material que pasa el tamiz N°4 se escoge 300gr y se lava y se pone en el horno por 24 horas para hacer la granulometría del material fino.
- Una vez secado el material lavado se procede al tamizado respectivo mediante la utilización de los tamices: N° 4, N°10, N°40, N°200.
- El material retenido por cada tamiz utilizado se pesa y se apunta el peso retenido por cada malla.



*Figura 44 Granulometría tamizadora (Vía seca) - Muestras Tamizadas.*

*Fuente: Danny Zavala – Cesar Zambrano*

Todos los resultados del ensayo de granulometría se encuentran en la parte de anexos “B” del trabajo de investigación.

#### **5.3.4 Ensayos de Limite Líquido, Limite Plástico e Índice de Plasticidad.**

**(Norma ASTM DM 23-66; AASHTO T-89-68; ASTM D424-59; AASHTO T-90-56)**

Limite Líquido (LL): Se entiende que es el porcentaje de humedad que tiene el suelo, con el cual el suelo cambia del estado líquido al plástico.

Limite Plástico (LP): Se entiende que es el porcentaje de humedad que tiene el suelo, entre el límite que existe entre los estados plástico y semisólido del suelo.

Índice de Plasticidad (IP): Se define como diferencia que existe entre el límite líquido y el límite plástico.

Equipos a utilizar:

- Balanza electrónica.
- Horno a temperatura de  $110\pm 5^{\circ}\text{C}$ .
- Recipientes pequeños enumerados.
- Tara pequeña.
- Copa de Casagrande.
- Acanalador de bronce.
- Muestra tamizada por la malla N°40 (250gr)
- Espátula.
- Botella que contenga agua.
- Hojas de apuntes.

Procedimiento:

Límite Líquido (LL).

- Se tamiza una cantidad representativa de 250 gr que pase la malla N°40, de cada muestra a ensayar.
- En la tara pequeña se coloca una porción de material tamizado y se coloca agua hasta lograr una pasta homogénea.
- Con una espátula flexible, se coloca la pasta homogénea en la copa Casagrande y se enraza hasta que moldee una superficie ovalada en la copa Casagrande.
- Se procede a trazar un canal sobre el centro de la copa Casagrande con el acanalador, hasta formar dos pequeños taludes y se retira los excesos de muestras con la espátula flexible.
- Se rota la manivela de la copa Casagrande hasta que logremos unir las 2 partes que trazamos con el acanalador y así se determinara la cantidad de golpes que se necesitara para unir las 2 mitades.
- Luego que se haya unido estas dos partes se procede a retirar con la espátula flexible la porción unida y se coloca en un recipiente pequeño numerado, se anota su peso total.
- Se lleva el recipiente pequeño al horno a secar por 24 horas.

- Después de las 24 horas se registra el peso total seco.
- De la manera antes mencionada se repite la misma operación para tres ensayos adicionales con la misma masa del material, agregándole agua suficiente para tener un estado de mayor fluidez, con el fin de obtener los números de golpes requeridos (10,20,30,40) para cerrar las dos mitades de la ranura del suelo.

Procedimiento:

Límite Plástico (LP).

- Con una masa homogénea y moldeable de la muestra se realiza rollitos de 3 mm de diámetro.
- El moldeo o amasado de la muestra se la debe realizar hasta que en el rollito muestre unas pequeñas grietas o fisuras, esto significara el límite plástico del material.
- En un recipiente pequeño enumerado se colocará pequeñas porciones de la muestra, ya agrietada, y posteriormente se anota el peso total registrado en la balanza electrónica.
- Se coloca el recipiente con la muestra al horno por 24 horas.
- Después de las 24 horas se registra el peso total seco.
- Los pasos antes mencionados se lo realizaran para 2 muestras más.

Indicé Plástico (IP).

El índice de plasticidad se calcula a través de la siguiente expresión:

$$IP=LL-LP$$



*Figura 45 Ensayo de límites de Atterberg.*

*Fuente: Danny Zavala – César Zambrano*

Todos los resultados del ensayo de límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad se encuentran en la parte de anexos “B” del trabajo de investigación.

### **5.3.5 Equivalente de Arena**

#### **(Norma ASTM 2419)**

El objeto de este ensayo es determinar el contenido de polvo fino nocivo o material arcilloso en una muestra representativa de suelos o agregados finos, pasantes del tamiz 4,75mm (N° 4). El método consiste en que un determinado volumen suelo o agregado fino más una cantidad de solución floculante son depositadas y mezcladas en un cilindro de plástico graduado en pulgadas, son agitados para que ocurra un separamiento de las partículas finas arcillosas que se hallan alrededor de las partículas de arena y queden en suspensión por encima de la misma.

El ensayo de equivalente de arena se lo puede definir como la relación entre la altura de la arena y la altura de arcilla, expresada en porcentaje.

#### **Equipo a utilizar**

- Probeta de plástico transparente graduada, con tapón macizo de caucho.
- Tubo irrigador de cobre o de bronce
- Tubo flexible de plástico o caucho, con una pinza que permita cortar el paso del líquido a través del mismo.
- Pisón lastrado (dispositivo para tomar lectura de arena), conjunto conformado con disco de asentamiento, una barra metálica y un contrapeso cilíndrico.
- Sistema de sifón. Lo componen una botella de plástico de 3.785 lt (1 galón) de capacidad, para contener la solución de cloruro de sodio ( $\text{CaCl}_2$ ) y un tapón de caucho que lleva dos orificios en los cuales se conecta el tubo del sifón y el otro para la entrada del aire.
- Recipiente o medidor cilíndrico metálico con un diámetro de 57 mm, con una capacidad de  $85 \pm 5$  ml
- Embudo de boca ancha
- Reloj o cronómetro

- Bandeja metálica ancha para mezcla
- Solución de cloruro de calcio ( $\text{CaCl}_2$ ) compuesta de: 454g (1 lb) de cloruro de calcio anhídrido, 2050g (1640 ml) de glicerina pura y 47g (45 ml) de formaldehído (en solución al 40% en volumen)
- Agua destilada
- Preparado de la solución de trabajo de cloruro de calcio ( $\text{CaCl}_2$ ): se la obtiene diluyendo 44 ml de solución de cloruro de calcio en agua destilada hasta completar 1.90 lt (1/2 galón).

### **Preparación de la muestra**

- Se obtiene 1500 g de material que pase el tamiz de 4.75mm (tamiz N°4).
- Se deja secar la muestra del ensayo al horno con una temperatura de  $110 \pm 5^\circ\text{C}$  durante 24 horas, terminado el tiempo de secado se retira la muestra del horno y se deja enfriar a temperatura ambiente antes del ensayo.

### **Preparación de aparatos a usar**

- En la botella de plástico de 1 galón (3.8 lt) conteniendo la solución de trabajo de cloruro de calcio ( $\text{CaCl}_2$ ) se ajusta el sifón y se lo ubica en un lugar a  $101.6 \pm 2.54$  cm sobre la mesa de trabajo.
- Se sopla el sifón dentro de la botella de plástico con solución y con la pinza de metal abierta.

### **Procedimiento**

- Se derrama la solución de trabajo de cloruro de calcio ( $\text{CaCl}_2$ ) en la probeta plástica graduada con la ayuda del sifón, desde una altura de a  $101.6 \pm 2.54$  cm sobre la mesa de trabajo.
- Con un embudo se vierte la muestra del material (1500gr), previamente secado al horno y medido en el recipiente cilíndrico metálico, en la probeta de plástico transparente graduada y posteriormente se deja reposar durante 10 minutos (periodo de humedecimiento).
- Pasado los 10 minutos, se tapa la probeta con el tapón de caucho, después se deja soltar el material del fondo invirtiendo parcialmente la probeta.

- Se agita en forma horizontal a 90 ciclos en un tiempo aproximado de 30 segundos, con la finalidad de que las partículas del material se dispersen uniformemente en toda la solución de trabajo de cloruro de calcio.
- Finalizada la operación de agitación, se coloca la probeta verticalmente en la mesa de trabajo y después se remueve el tapón.
- Se procede a la irrigación colocando el tubo irrigador en la parte superior de la probeta, se afloja la pinza de la manguera y se deja fluir la solución de trabajo por la boca de la probeta, mientras se lavan los finos de las paredes de la probeta y del tapón, esta acción se la hace hasta que esté lleno a la altura de 382 mm (15”), posteriormente se deja en reposo por 20 minutos.
- Pasado los 20 minutos del periodo de sedimentación, se procede a tomar la lectura de arcilla.
- Se coloca el pisón lastrado (conjunto conformado con disco de asentamiento, una barra metálica y un contrapeso cilíndrico), para dividir la arena de la arcilla, suavemente se lo desliza hasta que llegue a descansar sobre la arena, después dirija el disco indicador, que está el extremo superior, hacia las paredes graduadas de la probeta, luego se resta 254 mm (10”) del nivel indicado por el borde superior del indicador y registre este valor como la lectura de la arena.
- Si las lecturas de arcilla y arena están entre líneas, se registrará la lectura inmediatamente superior. Por ejemplo, si la lectura de arcilla es 7.85 se anotará 7,9 para la lectura de arena de 3.33, se anotará 3.4
- Para mayor precisión este procedimiento se lo repite para 3 muestras del material, el equivalente de arena será el promedio de los 3 valores obtenidos por cada ensayo.

### **Cálculo**

El equivalente de arena se lo calcula con la siguiente expresión:

$$\text{Equivalente de Arena (EA)} = \frac{\text{Lectura de arena}}{\text{Lectura de arcilla}} * 100$$



*Figura 46 Vertido del material en la solución de trabajo-Agitación manual*

*Fuente: Danny Zavala – Cesar Zambrano*



*Figura 47 Periodo de sedimentación del material en la solución de trabajo*

*Fuente: Danny Zavala- César Zambrano*

El resultado del ensayo de equivalente de arena se encuentra en la parte de anexos “B” del trabajo de investigación.

### **5.3.6 Abrasión por medio de la Máquina de los Ángeles**

**(Norma ASTM C 535)**

Este ensayo tiene por objeto determinar el porcentaje de desgaste de los agregados gruesos de tamaños mayores a 19 mm (3/4”), cuando se someten a una fuerza abrasiva,

de impacto y fricción producidos por unas esferas de acero dentro de la máquina de los Ángeles.

### Equipo a utilizar

- Máquina de los Ángeles
- Tamices de: 1 ½", 1", ¾", ½", 3/8", ¼", N°4, N°8 y un tamiz N°12 para el cálculo del desgaste.
- 12 esferas de acero, de un diámetro aproximado de 47 mm (1 27/32") y un peso entre 390 gr y 445 gr.
- Balanza, con una precisión de 1.0 gr
- Horno, que pueda mantener una temperatura de 110± 5°C

### Preparación de la muestra.

- Se escoge en la tabla 31 la gradación más aproximada al agregado de la muestra a ensayar.
- Para este caso se escogió la granulometría de la muestra de agregado Tipo G

Tabla 31  
Peso de material dependiendo del tamaño del tamiz

TAMAÑO DEL TAMIZ				MASA DE LA MUESTRA PARA ENSAYO (G)		
Pasa		Retenido		Granulometrías		
Mm	(alt.)	mm	(alt.)	E	F	G
75 mm	(3")	63 mm	(2 1/2")	2500 ±50	...	...
63 mm	(2 1/2")	50 mm	(2")	2500 ±50	...	...
50 mm	(2")	37.5 mm	(1 1/2")	5000±50	5000±50	...
37.5 mm	(1 1/2")	25 mm	(1")	...	5000±25	5000±25
25 mm	(1")	19 mm	(3/4")	...		5000±25
TOTALES				10000± 100	10000±75	10000± 50

Fuente: Norma ASTM C 535

- Se separa la muestra indicada en la tabla 31 de acuerdo a su granulometría elegida Tipo G, hasta obtener el requerimiento para el tamaño de la muestra total.
- La muestra se lava y se seca en horno a una temperatura constante de 110± 5°C, durante 24 horas.

## Procedimiento

- Se introduce la muestra junto con las esferas de acero en cilindro, se tapa y ajusta la abertura del cilindro (tambor rotativo), de la máquina de los Ángeles.
- Se acciona la máquina con las revoluciones de acuerdo según al método durante 30 minutos.
- Terminado el tiempo de rotación, se saca la muestra y se tamiza por la malla N°12.
- Se lava y se seca al horno a una temperatura constante de  $110 \pm 5^\circ\text{C}$ , durante 24 horas el material retenido en el tamiz N°12.
- Pasado las 24 horas se pesa el material.

## Cálculos

El porcentaje de desgaste del material, recibe el nombre de coeficiente de desgaste de los Ángeles, se calcula por medio de la siguiente expresión:

$$\%Desgaste = \frac{P_1 - P_2}{P_1} * 100$$

Donde:

P1= Peso de la muestra seca antes del ensayo

P2= Peso de la muestra seca después del ensayo, previamente retenida en el tamiz N°12



*Figura 48 Lavado del material previo al ensayo de abrasión de los Ángeles  
Fuente: Danny Zavala- César Zambrano*



*Figura 49 Ajuste de la tapa de la máquina de abrasión*

*Fuente: Danny Zavala- César Zambrano*



*Figura 50 Retiro del material después del ensayo.*

*Fuente: Danny Zavala- César Zambrano*

Todos los resultados del ensayo de abrasión de los ángeles se encuentran en la parte de anexos “B” del trabajo de investigación.

### **5.3.7 Ensayos de Compactación (Proctor Modificado)**

**(Norma ASTM D-698-91; D 1557-91; AASHTO T-180-93; T-99-94)**

El ensayo de compactación o Proctor se define como la determinación de la humedad óptima y su máxima densidad seca del material compactado.

Equipos a utilizar:

- Balanza electrónica.
- Molde cilíndrico (Para Proctor modificado).
- Martillo o pistón de 10lb.
- Horno a temperatura de  $110\pm 5^{\circ}\text{C}$ .
- Recipientes pequeños enumerados.
- Tara pequeña.
- Recipiente metálico para mezclar.
- Enrasador, brocha, espátula.
- Probeta (para medir la cantidad de agua a utilizar).
- Muestra tamizada por la malla N°3/4 (5500gr).
- Martillo.
- Hojas de apuntes.

Procedimiento:

- Se procedió a tamizar la muestra por la malla  $\frac{3}{4}$ ", para lo cual es necesario preparar 5 fundas de 5500 gr.
- Se coloca sobre el recipiente metálico la muestra, se la esparce y se mezcla para obtener una muestra homogénea, luego la dividimos en 5 porciones iguales, se tomó una pequeña cantidad en un recipiente para obtener la humedad natural y se la colocó en el horno por 24 horas.
- Se prepara el molde cilíndrico y se asegura de tal manera que no se afloje al momento de realizar la compactación con el martillo, luego se tomó una de las pequeñas porciones divididas y las coloco en el molde y se realizó la compactación con 56 golpes por cada capa.
- Para las siguientes 4 fundas restante se añadió agua en cantidades de: 100 a 150, 250 a 300, 450 a 500, 650 a 700 y de 800 a 900 ml dependiendo del tipo de material a ensayar.
- Una vez que culmine la compactación de las 5 capas, se retira el collarín superior y se enrasa con la ayuda de una regla metálica.
- Se toma el peso de la muestra más molde en la balanza electrónica.
- El material es retirado del molde, y se prepara para la compactación con el agua añadido hasta que la curva Proctor descienda y finalizará el ensayo.

- Luego de 24 horas se saca la muestra del horno y se registra su peso seco.



*Figura 51 Ensayo Proctor Modificado.*

*Fuente: Danny Zavala – Cesar Zambrano*

Todos los resultados del ensayo Proctor Modificado método C se encuentran en la parte de anexos “B” del trabajo de investigación.

### **5.3.8 Ensayos CBR.**

**(Norma ASTM D-1883-73; AASHTO T-193-63).**

El ensayo CBR (California Bearing Ration), consiste en determinar el esfuerzo cortante del suelo bajo las condiciones de humedad y densidad controladas, de tal manera que establecemos una relación entre la resistencia a la penetración de un suelo y capacidad de soporte o carga unitaria.

Equipos a utilizar:

Para la compactación.

- Balanza electrónica.
- Molde cilíndrico (3 Moldes CBR para cada muestra a ensayar).
- Martillo o pistón de 10lb.
- Horno a temperatura de  $110\pm 5^{\circ}\text{C}$ .
- Disco espaciador de acero de altura de 2.5”.
- Recipientes pequeños enumerados.

- Tara pequeña.
- Recipiente metálico para mezclar.
- Arrasadora, brocha, espátula.
- Probeta (para medir la cantidad de agua a utilizar).
- Pesas como sobrecargas de 5lb (2 pesas).
- Muestra tamizada por la malla N°3/4 (5500gr).
- Martillo.
- Papel filtro.
- Piscina (para la inmersión).
- Hojas de apuntes.

Para tomar las lecturas durante 4 días consecutivos.

- Trípode y dial deformímetro (para medir la expansión del material se emplea un extensómetro, con aproximación de 0.001” montado sobre un trípode).

Para la penetración.

- Prensa hidráulica  $V=0.05$  plug/min (1.27mm).
- Pistón cilíndrico de acero de 3”.

### **Procedimiento: Compactación y Sumersión.**

- Como en el ensayo Proctor (modificado), primero se tamizará por la malla  $\frac{3}{4}$ ” y se preparan 3 fundas de material con 5500 gr para el ensayo.
- Una vez dibujada la curva Proctor con sus 5 puntos ensayados se obtiene la húmeda óptima a utilizar en el ensayo CBR.
- Se prepara la muestra en el recipiente metálico y se le añade la cantidad de agua según la humedad óptima del Proctor modificado.
- Se mezcla bien hasta obtener el material en condición de humedad óptima conseguida con el Proctor y se divide en 5 porciones iguales.
- Se toma en un recipiente pequeño una cantidad de material humedecido, para el contenido de humedad.
- Se prepara los moldes cilíndricos con el collarín, espaciador y papel filtro en la parte superior del espaciador.
- Se llena en el molde en cinco capas y compactamos según los números de golpes a emplearse para este ensayo (12, 25, 56) respectivamente.

- Una vez compactado se retira el collarín y se enraza con la regla metálica, se voltea y se quita el disco espaciador y luego se registra su peso.
- Se coloca nuevamente el collarín, las pesas, para luego sumergirlas en la piscina.
- Luego se toma la lectura inicial con la que fue sumergida, y cada 24 horas se tomarán lecturas por 4 días consecutivos.



*Figura 52 Ensayo CBR – Tomas de lecturas CBR.*

*Fuente: Danny Zavala – Cesar Zambrano*

### **Procedimiento: resistencia a la penetración.**

- Luego que pasaron los 4 días de inmersión del espécimen, se retira de la piscina y se quita el agua sobrante inclinado los cilindros y se espera que drene toda el agua acumulada en los moldes, para luego dejar 15 minutos al ambiente.
- Se pesa nuevamente (sin collarín) y se registra su peso saturado.
- Se colocan nuevamente las pesas sobre el espécimen para simular las sobrecargas del pavimento.
- Se coloca el molde con la muestra en la prensa hidráulica y se ajusta bien hasta que se asiente perfectamente antes de aplicarle la sobrecarga del pistón.
- Se ajusta el dial de carga y se encera el extensómetro digital que mide la deformación.
- Se inicia la penetración, y se toman las lecturas que estén entre: 4 a 0,05” y 3 a 0,1” y se anota en la hoja de apuntes.

- Luego tomadas las lecturas se suelta la carga aplicada y se retira el molde de la prensa hidráulica.
- Antes de terminar el ensayo, en un recipiente pequeño se escoge una pequeña muestra de la parte superior e inferior del molde, se anota su peso y se coloca al horno por 24 horas.
- Registramos el peso seco de las muestras extraídas (superior e inferior) y anotamos.



*Figura 53 Prensa hidráulica – Rotura de cilindros CBR.*

*Fuente: Danny Zavala – Cesar Zambrano*

Todos los resultados del ensayo CBR se encuentran en la parte de anexos “B” del trabajo de investigación.

### **5.3.9 GEO GAUGE.**

GEO GAUGE H4140 es una herramienta de campo portátil, no nuclear que permite la medición in situ de dos propiedades mecánicas del suelo como es el módulo de Young y la rigidez del suelo.

El Geo Gauge mide una impedancia mecánica del material en la superficie del terreno, en otras palabras, mide la fuerza impartida al suelo y la desviación de la superficie resultante como una función de frecuencia. El Geo Gauge imparte desplazamientos muy pequeños al suelo a 25 frecuencias de estado estacionario entre 100 y 196 Hz.

Equipo a utilizar:

- GEO GAUGE H4140

- Arena fina tamizada del N°4
- Base calibradora del GEO GAUGE H4140

Procedimiento:

- Antes del ensayo, se debe calibrar el equipo por medio de la base calibradora. Se coloca el Geo Gauge encima de la base calibradora en una superficie completamente plana, posteriormente se lo enciende y se toma de 3 a 5 lecturas en una sola ubicación hasta que se muestre un valor de coeficiente de variación, en la pantalla digital del Geo Gauge este debe ser menor de 10%.
- Una vez calibrado el equipo, se procede a colocar una fina capa de arena fina tamizada del N°4, en el lugar donde se tomará las medidas de rigidez y módulo de Young del suelo
- Se coloca el Geo Gauge sobre la arena, se enciende el equipo y se espera las 25 frecuencias que necesita el equipo para activar su funcionamiento
- Se oprime la tecla “MEASURE” y se espera 75 segundos.
- Se anota las medidas de Rigidez y Módulo de Young dependiendo del símbolo:  
 51-5: Rigidez en el valor SI, MN/m (Mega Newton por metro)  
 51-Y: El Módulo de Young en el valor SI, MPa (Mega Pascales)  
 Eg-5: Rigidez en el valor en Sistema Ingles, klb/in (Kilo libras por pulgada)  
 EG-Y: Módulo de Young en Sistema Ingles, Ksi o Kpsi (Kilo libras por pulgadas cuadradas)
- Apagamos el equipo.



Figura 54 Toma de lectura con Geo-Gauge – Equipo Geo-Gauge

Fuente: Danny Zavala – César Zambrano

Resultados:

A continuación, se detalla los valores obtenidos mediante este equipo en campo, para cada espesor de capa de las cinco calicatas realizadas.

*Tabla 32*  
*Lecturas del Geo Gauge en sitio*

N°	Coordenadas		Espesor de capa (metro)	Medición del Geo Gauge			
	Norte	Este		Módulo de Young		Rigidez	
				(Mpa)	(Ksi)	(MN/m)	(Klb/in)
1	9792495.0	530359.0	0.25	119,23	17,29	13,74	78,43
			0.60	108,75	15,77	12,54	71,53
			0.65	52,37	7,60	6,04	34,45
2	9792310.0	531314.0	0.15	130,32	18,90	15,02	85,72
			0.60	54,32	7,88	6,26	35,73
			0.10	50,51	7,32	5,82	33,22
			0.65	45,80	6,64	5,28	30,12
3	9792705.0	532210.0	0.20	93,39	13,54	10,77	61,43
			1.3	97,22	14,10	11,21	63,95
4	9793222.0	533267.0	0.20	58,16	8,43	6,70	38,25
			0.15	108,14	15,68	12,47	71,13
			1.15	68,74	9,97	7,92	45,21
5	9793280.0	534452.0	0.20	89,69	13,01	10,34	58,99
			0.20	78,63	11,40	9,06	51,72
			1.10	53,08	7,70	6,12	34,91

*Elaborado: Danny Zavala – Cesar Zambrano*

## **5.4 Análisis y Aceptación de las propiedades del material granular para base.**

### **5.4.1 Análisis Granulométrico.**

Primeramente, se debe analizar el material granular existente en la vía Libertador Bolívar-Sitio Nuevo por medio de las granulometrías de la primera capa de todas las calicatas excavadas, de esta manera se podrá verificar si cumple con las

especificaciones del MTOP para Bases de Agregados. Los resultados se exponen en las tablas 33,34,35,36,37.

Tabla 33  
Granulometría de la calicata N°1, capa 1

TAMÍZ	PORCENTAJE QUE PASA	BASES DE AGREGADOS (MTOP)				
		BASE CLASE 1		BASE CLASE 2	BASE CLASE 3	BASE CLASE 4
		TIPO A	TIPO B			
2"	88.2	100	----	----	----	100
1 1/2"	86.3	70-100	100	----	----	----
1"	80.4	55-85	70-100	100	----	60-90
3/4"	73.5	50-80	60-90	70-100	100	----
3/8"	52.0	35-60	45-75	50-80	----	----
N°4	33.9	25-50	30-60	35-65	45-80	20-50
N°10	26.7	20-40	20-50	25-50	30-60	----
N°40	17.9	10_25	10_25	15_30	20-35	----
N°200	10.4	2_12	2_12	3_15	3_15	0-15

Fuente: Danny Zavala- César Zambrano

Tabla 34  
Granulometría de la calicata N°2, capa 1

TAMÍZ	PORCENTAJE QUE PASA	BASES DE AGREGADOS (MTOP)				
		BASE CLASE 1		BASE CLASE 2	BASE CLASE 3	BASE CLASE 4
		TIPO A	TIPO B			
2"	93.5	100	----	----	----	100
1 1/2"	90.3	70-100	100	----	----	----
1"	82.8	55-85	70-100	100	----	60-90
3/4"	77.1	50-80	60-90	70-100	100	----
3/8"	54.5	35-60	45-75	50-80	----	----
N°4	34.5	25-50	30-60	35-65	45-80	20-50
N°10	28.6	20-40	20-50	25-50	30-60	----
N°40	21.1	10_25	10_25	15_30	20-35	----
N°200	10.5	2_12	2_12	3_15	3_15	0-15

Fuente: Danny Zavala- César Zambrano

Tabla 35  
Granulometría de la calicata N°3, capa 1

TAMÍZ	PORCENTAJE QUE PASA	BASES DE AGREGADOS (M TOP)				
		BASE CLASE 1		BASE CLASE 2	BASE CLASE 3	BASE CLASE 4
		TIPO A	TIPO B			
2"	93.4	100	----	----	----	100
1 1/2"	90.2	70-100	100	----	----	----
1"	81.6	55-85	70-100	100	----	60-90
3/4"	75.4	50-80	60-90	70-100	100	----
3/8"	52.5	35-60	45-75	50-80	----	----
N°4	33.7	25-50	30-60	35-65	45-80	20-50
N°10	28.9	20-40	20-50	25-50	30-60	----
N°40	22.0	10_25	10_25	15_30	20-35	----
N°200	10.3	2_12	2_12	3_15	3_15	0-15

Fuente: Danny Zavala- César Zambrano

Tabla 36  
Granulometría de la calicata N°4, capa 1

TAMÍZ	PORCENTAJE QUE PASA	BASES DE AGREGADOS (M TOP)				
		BASE CLASE 1		BASE CLASE 2	BASE CLASE 3	BASE CLASE 4
		TIPO A	TIPO B			
2"	89.4	100	----	----	----	100
1 1/2"	85.2	70-100	100	----	----	----
1"	77.2	55-85	70-100	100	----	60-90
3/4"	70.5	50-80	60-90	70-100	100	----
3/8"	48.9	35-60	45-75	50-80	----	----
N°4	31.5	25-50	30-60	35-65	45-80	20-50
N°10	22.3	20-40	20-50	25-50	30-60	----
N°40	15.5	10_25	10_25	15_30	20-35	----
N°200	10.5	2_12	2_12	3_15	3_15	0-15

Fuente: Danny Zavala- César Zambrano

Tabla 37  
Granulometría de la calicata N°5, capa 1

TAMIZ	PORCENTAJE QUE PASA	BASES DE AGREGADOS (MTOB)				
		BASE CLASE 1		BASE CLASE 2	BASE CLASE 3	BASE CLASE 4
		TIPO A	TIPO B			
2"	96.4	100	----	----	----	100
1 1/2"	90.3	70-100	100	----	----	----
1"	82.9	55-85	70-100	100	----	60-90
3/4"	76.2	50-80	60-90	70-100	100	----
3/8"	53.7	35-60	45-75	50-80	----	----
N°4	34.9	25-50	30-60	35-65	45-80	20-50
N°10	29.0	20-40	20-50	25-50	30-60	----
N°40	21.4	10_25	10_25	15_30	20-35	----
N°200	12.3	2_12	2_12	3_15	3_15	0-15

Fuente: Danny Zavala- César Zambrano

Al estudiar los resultados del análisis granulométrico se puede observar que se está trabajado con un material que no cumple con las exigencias de graduación del MTOB para Base Granular.

### 5.5 Análisis y Aceptación de las propiedades del material granular para estabilización con emulsión asfáltica por el MTOB.

Para clasificar el material existente en la vía Libertador Bolívar-Sitio Nuevo, para un tipo de base estabilizada con emulsión asfáltica según las especificaciones del MTOB Sección 404-4.02, se usó la granulometría de una muestra combinada o mezclado de todas las primeras capas de las cinco calicatas excavadas, ya que la primera capa se va a aplicar la estabilización con emulsión asfáltica, mostrada en la tabla 38.

Tabla 38  
Granulometría Combinada

TAMÍZ	PORCENTAJE QUE PASA	BASES ESTABILIZADAS CON EMULSION ASFÁLTICA (MTOPI)		
		TIPO A	TIPO B	TIPO C
2"	95.5	100	----	----
1 1/2"	92.6	70-100	100	----
1"	88.0	55-85	70-100	100
3/4"	85.6	50-80	60-90	70-100
3/8"	64.7	40-70	45-75	50-80
N°4	44.0	30-60	30-60	35-65
N°10	35.2	20-50	20-50	25-50
N°40	25.5	5_ 30	5_ 30	10_30
N°200	12.0	0_ 5	0_ 5	0_ 5

Fuente: Danny Zavala- César Zambrano

Dada la granulometría analizada del material se catalogó como un Material Granular para Estabilización con Emulsión Asfáltica Tipo A, ya que se aproxima más a ese tipo de graduación granulométrica.

### 5.5.1 Análisis de Abrasión.

Los porcentajes de desgaste de abrasión para la primera capa de las cinco calicatas se muestran en la tabla 39.

Según el MTOPI Sección 404-4.02, el porcentaje de desgaste de abrasión de los agregados será menos del 40%, en todos los casos se cumple dicho requerimiento.

Tabla 39  
Porcentajes de desgaste de abrasión

CAPA N° 1 CALICATAS	% DESGASTE	PERMITIDO % DE DESGASTE < 40%
1	20.7	SI CUMPLE
2	14.6	SI CUMPLE
3	17.0	SI CUMPLE
4	20.9	SI CUMPLE
5	21.3	SI CUMPLE

Fuente: Danny Zavala- César Zambrano

### 5.5.2 Análisis Índice Plástico.

El índice plástico se lo determina con el pasante del tamiz N°40, cuyo índice es la diferencia del límite líquido y el límite plástico. Se lo obtuvo para la primera capa de las cinco calicatas excavadas y cuyos resultados se lo muestra en la tabla 40.

Según el MTOP Sección 404-4.02, el índice plástico de los agregados será menor a 4, en todos los casos no se cumple dicho requerimiento.

Tabla 40  
Índice plástico

CAPA N° 1 CALICATAS	LIMITE LÍQUIDO	LIMITE PLÁSTICO	ÍNDICE PLÁSTICO	PERMITIDO ÍNDICE PLÁSTICO < 4
1	28,47	21,82	6.7	NO CUMPLE
2	28,14	22,43	5.7	NO CUMPLE
3	31,64	23,92	7.7	NO CUMPLE
4	32,28	24,30	8.1	NO CUMPLE
5	28,72	21,92	6.8	NO CUMPLE

Fuente: Danny Zavala- César Zambrano

Se puede concluir que el material existente posee características muy plásticas, sin embargo, esta condición no impide la estabilización con emulsión asfáltica ya que el ensayo de equivalente de arena dará el valor del contenido de polvo masivo o material arcilloso del material a estabilizar y a partir de ese resultado se podrá concluir si el material es apto o no para la estabilización con emulsión asfáltica caso contrario se tendrá que optar por otro material estabilizante como es el caso del cemento o cal.

### 5.5.3 Análisis Equivalente de Arena.

El ensayo de equivalente de arena se realiza con los agregados pasantes del tamiz INEN 4.75 mm y se realizó para una muestra combinada o mezclado de todas las primeras capas de las cinco calicatas excavadas, ya que la primera capa se va a aplicar la estabilización con emulsión asfáltica, y según la MTOP Sección 404-4.02, debe tener un valor mínimo de 35%, como se muestra en la tabla 41. El material tuvo un

valor de 35,62%, esta condición si se cumple por ende el material existente en la vía Libertador Bolívar-Sitio Nuevo es Apto para la estabilización con emulsión asfáltica.

*Tabla 41*  
*Porcentaje de equivalente de arena*

<b>EQUIVALENTE DE ARENA</b>	<b>PERMITIDO &gt; 35%</b>
35,6 %	SI CUMPLE

*Fuente: Danny Zavala- César Zambrano*

### **5.6 Diseño Marshall para mezclas en frio con emulsión asfáltica.**

Originalmente el diseño de mezclas para pavimentos con el Método Marshall fue formulado por Bruce Marshall, ingeniero de asfalto del Departamento de Autopista del estado de Mississippi, y creado para mezclas asfálticas en caliente que contengan agregados con un tamaño máximo de 25 mm (1”) o menor. Sin embargo, este método fue necesario adaptarlo o modificarlo para emplearse en el uso de mezclas en frio, como es el caso del uso de emulsiones asfálticas como un agente estabilizante para suelos, mezclas en camino o elaborados en planta, preparadas a temperatura ambiente.

El método Marshall consiste en la fabricación de briquetas cilíndricas de 101.6mm (4”) de diámetro y 63.5 mm (2.5”) de altura, posteriormente se procede a medir los aspectos principales del Método Marshall como son la densidad Bulk seca y saturada, estabilidad y flujo en la prensa Marshall de las briquetas compactadas.

Además, permite obtener el contenido óptimo de emulsión asfáltica para una determinada serie de agregado dada o preparada, para esto se debe elaborar una serie de briquetas con distintos porcentajes de emulsión, de tal manera que, al graficar los valores obtenidos después de ser ensayadas, permitan obtener el valor óptimo de la emulsión asfáltica. (Ccora Montes & Montenegro Santacruz, 2011)

### **5.6.1 Especificación Emulsión Asfáltica.**

La emulsión asfáltica usada para esta investigación, se la obtuvo por medio de la empresa Emulsificadora del Pacífico EMULPAC S.A. ubicada en el km 5.5 vía Duran – Tambo, en la provincia del Guayas, cuya empresa se dedica a:

- Ejecución y análisis de ensayos de calidad de emulsiones asfálticas
- Ejecución y análisis de ensayos de calidad de asfaltos
- Investigación de asfalto con polvo de caucho
- Diseños de slurry

La emulsión asfáltica es del tipo Catiónica de Rotura Lenta CSS-1h, lo que permite un largo tiempo para la manipulación asegurando un buen cubrimiento para agregados con un alto contenido de finos. Sus especificaciones vienen dadas en la siguiente tabla.

PROPIEDAD	ROTORA RÁPIDA		ROTORA MEDIA				ROTORA LENTA					
	CRS-1		CRS-2		CMS-2		CMS-2h		CSS-1		CSS-1h	
	min	máx	min	máx	min	máx	min	máx	min	máx	min	máx
<b>VISCOSIDAD</b> FUOL,a 25 gC, s. FUOL,a 50 gC, s. ESTABILIDAD AL ALMACENAJE 24h, % DEMULSIFICACIÓN: 35 ml.8% sds, % CUBRIMIENTO	-	100	-	400	-	450	-	450	-	100	20	100
agregado seco luego rociado agregado húmedo luego rociado	-	1	-	1	-	1	-	1	-	1	-	1
<b>CARGA DE PARTICULA</b> <b>MEZCLA CON CEMENTO</b> <b>ENS. DEL TAMÍZ</b> <b>DESTILACIÓN: ACEITE DESTILADO %</b> <b>RESIDUO, %</b>	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
	-	0,1	-	0,1	-	0,1	-	0,1	-	2,0	-	2,0
	-	3	-	3	-	12	-	12	-	0,1	-	0,1
	60	-	65	-	65	-	65	-	57	-	57	-
<b>ENSAYOS EN EL RESIDUO:</b> <b>PENETRACIÓN, a 25 grados, 100 gr,5 s.</b> <b>DUCTILIDAD, a 25 grados, 5 cm/m, cm.</b> <b>SOLUBILIDAD EN TRICLOROETILENO %</b>	100	250	100	250	100	250	40	90	100	250	40	90
	40	-	40	-	40	-	40	-	40	-	40	-
	97.5	-	97.5	-	97.5	-	97.5	-	97.5	-	97.5	-
<b>TEMPERATURA DE EMPLEO</b> <b>ALMACENAMIENTO</b> <b>MEZCLA EN PLANTA</b> <b>MEZCLA EN SITIO</b> <b>TRATAMIENTO SUPERFICIAL</b>	50	85	50	85	50	85	50	85	10	60	10	60
	-	-	-	-	10	70	10	70	10	70	10	70
	-	-	-	-	20	70	20	70	20	70	20	70
	50	85	50	85	-	-	-	-	-	-	-	-

Figura 55 Requisitos de Emulsiones Asfálticas Catiónica.

Fuente: (MOP, 2002)

## **5.6.2 Prueba a la emulsión asfáltica.**

### **5.6.2.1 Residuo por evaporación (ASTM D 244-Modificado).**

El objeto de esa prueba es determinar el residuo de las emulsiones asfálticas mediante evaporación rápida. Resulta útil para determinar el contenido de asfalto en el menor tiempo posible, principalmente cuando se trata de analizar el residuo asfáltico procedente de una planta en operación. (Mercado & Bracho , 2008, pág. 11)

El ensayo consiste en determinar, por diferencia de peso, el contenido de asfalto de una muestra de emulsión que se somete evaporación por calentamiento directo de un recipiente de dimensiones normalizadas (20 cm de diámetro por 5 cm de altura). El residuo en este ensayo tiende a dar valores de penetración y ductilidad inferiores a los que se obtiene en el residuo por destilación, por esto no puede usarse este residuo para tales ensayos. (Mercado & Bracho , 2008, pág. 11)

#### **Equipos y materiales**

- Recipiente metálico
- Balanza con capacidad de 2000 gr
- Cocineta eléctrica
- Papel aluminio
- Una muestra de emulsión asfáltica de 100gr aproximadamente

#### **Procedimiento de la prueba**

- Antes de realizar el ensayo, se debe agitar o revolver bien la emulsión, para evitar que se asiente el residuo asfáltico y lograr una homogenización durante un lapso de un 1 minuto aproximadamente.
- Se encera en la balanza el recipiente metálico en donde va a ir la emulsión.
- Se coloca la cantidad de emulsión en el recipiente (100 gr aproximadamente).

- Se coloca una fina capa de papel aluminio con pequeños orificios para que escape el vapor, esto cubrirá la parte superior del recipiente, se hace con el fin de que al momento de la evaporación no se produzca salpicaduras de la emulsión lo cual puede ser peligroso durante el ensayo.
- Luego se coloca el recipiente con la emulsión cubierta con el papel aluminio (con orificios) en la cocineta eléctrica a una temperatura de 100 °C aproximadamente, y durante un lapso de 1 hora o 1 hora y media, cabe recalcar que esto dependerá del momento en que comience a salir un humo blanco y espeso de los orificios del recipiente, lo que indicará que ya se evaporó toda el agua que contiene la emulsión.
- Transcurrido el tiempo se saca el recipiente con la emulsión de la cocineta eléctrica, y se deja enfriar a temperatura ambiente antes de pesarlo.



*Figura 56 Materiales usados para el ensayo de residuo de evaporación  
Fuente: Danny Zavala – César Zambrano*



*Figura 57 Ensayo de residuo de evaporación en la emulsión asfáltica  
Fuente: Danny Zavala – César Zambrano*

- **Cálculos:**

A= peso del recipiente metálico= 75,15 gr

B= peso de la muestra de emulsión asfáltica= 106,60 gr

C= peso del recipiente metálico + muestra de emulsión asfáltica (después del calentado) = 134,81 gr

$$\% \text{ De Residuo de Asfalto} = \frac{C - A}{B} * 100$$

$$\% \text{ De Residuo de Asfalto} = \frac{134,81 - 75,15}{106,60} * 100$$

$$\% \text{ De Residuo de Asfalto} = 55,96\% \approx 56\%$$

$$\% \text{ De Residuo de Asfalto} = 56\%$$

La emulsión asfáltica analizada presenta un valor de asfalto de 56% y un 44% de agua.

### **5.6.3 Determinación del contenido tentativo de emulsión.**

Una vez obtenidos los resultados de la clasificación de suelos con sus respectivas granulometrías descritas en cada uno de los ensayos de cada calita realizada y descrita en este capítulo, se estableció usar la fórmula del Manual Básico de Emulsiones Asfálticas, MS N°19S. Para determinar el contenido tentativo de emulsión de una mezcla, esta fórmula se basa en el porcentaje de agregado menor de 4.75 mm (pasante del tamiz N°4). Para este procedimiento de diseño se ha tomado en cuenta el caso particular de la estabilización de bases cuya fórmula de uso es la siguiente:

$$\% \text{ de Emulsión} = \frac{[(0,06 * B) + (0,01 * C)] * 100}{A}$$

**Donde:**

% de Emulsión= porcentaje inicial estimado de emulsión asfáltica, expresado en función del peso seco del agregado

A= porcentaje de residuo de emulsión por destilación (o evaporación)

B= porcentaje de agregado seco que pasa el tamiz N°4 (4.75mm)

C= 100-B= porcentaje de agregado seco retenido en el tamiz N°4 (4.75mm)

Cabe recalcar, que para obtener el porcentaje seco que pasa por el tamiz N°4 se usó la granulometría de una muestra combinada o mezclado de todas las primeras capas de las cinco calicatas excavadas, ya que la primera capa se va a aplicar la estabilización con emulsión asfáltica. Dicha granulometría se la muestra a continuación:

*Tabla 42*  
*Granulometría Combinada*

<b>SERIE GRUESA</b>				
<b>Tamiz ASTM</b>	<b>Abertura / N°.</b>	<b>Masa Retenida</b>		<b>% Pasante acumulado</b>
		<b>Parcial</b>	<b>Acumulada</b>	
<b>600 mm.</b>	<b>24 ‘‘</b>			
<b>300 mm.</b>	<b>12 ‘‘</b>			
<b>150 mm.</b>	<b>6 ‘‘</b>			
<b>75 mm.</b>	<b>3 ‘‘</b>	0	0	100,00
<b>63 mm.</b>	<b>2 1/2’’</b>	0	0,0	100,00
<b>50 mm.</b>	<b>2 ‘‘</b>	450	426,0	95,48
<b>38,1 mm.</b>	<b>1 1/2’’</b>	282	692,9	92,65
<b>25 mm.</b>	<b>1 ‘‘</b>	461	1129,2	88,02
<b>19 mm.</b>	<b>3/4’’</b>	240	1356,4	85,61
<b>12,5 mm.</b>	<b>1/2’’</b>	1209	2500,8	73,47
<b>9,5 mm.</b>	<b>3/8’’</b>	871	3325,3	64,72
<b>4,75 mm.</b>	<b>No.4</b>	2063	5278,0	44,10
<b>Pasa No. 4</b>		4406	4148,570248	

*Elaborado: Danny Zavala – César Zambrano*

Con los datos ya obtenidos de los ensayos anteriores de granulometría y residuo de emulsión por evaporación, se procede a calcular el porcentaje tentativo de emulsión asfáltica.

**Datos:**

$$A = 56\%$$

$$B = 44,1\%$$

$$C = 100 - B = 100 - 44,1 = 55,9 \%$$

$$\% \text{ de Emulsión} = \frac{[(0,06 * B) + (0,01 * C)] * 100}{A}$$

$$\% \text{ de Emulsión} = \frac{[(0,06 * 44,1) + (0,01 * 55,9)] * 100}{56}$$

$$\% \text{ de Emulsión} = 5,72\%$$

**5.6.4 Diseño de mezclas para la fabricación de briquetas con emulsión asfáltica.**

“El Instituto del Asfalto en su publicación Manual Básico de Emulsiones Asfálticas, MS N°19S, recomienda la elaboración de 3 puntos mínimos para la determinación del porcentaje óptimo de la emulsión asfáltica” (Rosero Alvarado, 2013).

Obtenido el porcentaje de tentativo de emulsión asfáltica dio 5,72%, y se adopta un valor de 6%. Además, para obtener un porcentaje óptimo de emulsión se toma un valor arriba y abajo del adoptado, 5%, 6 % y 7%, sin embargo, en ingeniería se debe buscar siempre las opciones más viables y económicas, por esta razón se aumentará un porcentaje más a los ya mencionados que es de 4 %. En total serán cuatro porcentaje de emulsión asfáltica que se usarán para la mezcla y elaboración de las briquetas.

Se propone elaborar en cada punto 6 briquetas, 3 para realizar la estabilidad seca y 3 más para realizar la estabilidad en condiciones de saturación.

Se realizó 6 briquetas para cada uno de los cuatro porcentajes de emulsión asfáltica (4%,5%,6% y 7%), dando un total de 24 briquetas.

El cálculo de las cantidades empleadas para realizar las mezclas fue el siguiente:

### **Cálculo N.1:**

Humedad Natural del Suelo = 5,91%

Humedad Optima del Suelo = 15,77%

Tipo de emulsión: CCSH1

- Residuo asfáltico = 56%
- Agua = 44%

### **CANTIDAD DE EMULSIÓN:**

Peso de suelo húmedo = 4000 gr

Porcentaje de la emulsión = 4%

$$\text{Peso de suelo seco} = P_s = \frac{P_h}{1 + \frac{w_{\text{natural}}}{100}}$$

$$P_s = \frac{4000 \text{ gr}}{1 + \frac{5,91}{100}}$$

$$P_s = 3777 \text{ gr}$$

Peso de la Emulsión= Peso de suelo seco \* Porcentaje de emulsión

$$= 3777 \text{ gr} * 0,04$$

**Peso de la Emulsión= 151,1 gr**

### **CANTIDAD DE AGUA:**

Agua del suelo = Ph-Ps

$$= 4000 \text{ gr} - 3777 \text{ gr}$$

$$= 223 \text{ gr}$$

Agua en la Emulsión = Peso de la Emulsión \* Agua

$$= 151,1 \text{ gr} * 0,44$$

$$= 66,48 \text{ gr}$$

Agua total en la mezcla= Ps \* Humedad Optima del suelo

$$= 3777 \text{ gr} * 0,1577$$

$$= 595,6 \text{ gr}$$

Peso de agua agregar= Agua total en la mezcla-Agua en la Emulsión-Agua del suelo

$$= 595,6 \text{ gr} - 66,48 \text{ g} - 223 \text{ gr}$$

**Peso de agua agregar = 306,12gr**

### **Cálculo N.2:**

Humedad Natural del Suelo = 5,91%

Humedad Optima del Suelo = 15,77%

Tipo de emulsión: CCSH1

- Residuo asfáltico = 56%
- Agua = 44%

### **CANTIDAD DE EMULSIÓN:**

Peso de suelo húmedo = 4000 gr

Porcentaje de la emulsión = 5%

$$\text{Peso de suelo seco} = P_s = \frac{P_h}{1 + \frac{w_{\text{natural}}}{100}}$$

$$P_s = \frac{4000 \text{ gr}}{1 + \frac{5,91}{100}}$$

$$P_s = 3777 \text{ gr}$$

Peso de la Emulsión= Peso de suelo seco \* Porcentaje de emulsión

$$= 3777 \text{ gr} * 0,05$$

**Peso de la Emulsión= 188,9 gr**

### **CANTIDAD DE AGUA:**

Agua del suelo =  $P_h - P_s$

$$= 4000 \text{ gr} - 3777 \text{ gr}$$

$$= 223 \text{ gr}$$

Agua en la Emulsión = Peso de la Emulsión \* Agua

$$= 188,9 \text{ gr} * 0,44$$

$$= 83,12 \text{ gr}$$

Agua total en la mezcla = Ps \* Humedad Optima del suelo

$$= 3777 \text{ gr} * 0,1577$$

$$= 595,63 \text{ gr}$$

Peso de agua agregar = Agua total en la mezcla - Agua en la Emulsión - Agua del suelo

$$= 595,63 \text{ gr} - 83,12 \text{ gr} - 223 \text{ gr}$$

**Peso de agua agregar = 289,51 gr**

### **Cálculo N.3:**

Humedad Natural del Suelo = 5,91%

Humedad Optima del Suelo = 15,77%

Tipo de emulsión: CCSH1

- Residuo asfáltico = 56%
- Agua = 44%

### **CANTIDAD DE EMULSIÓN:**

Peso de suelo húmedo = 4000 gr

Porcentaje de la emulsión = 6%

$$\text{Peso de suelo seco} = Ps = \frac{Ph}{1 + \frac{W_{natural}}{100}}$$

$$Ps = \frac{4000 \text{ gr}}{1 + \frac{5,91}{100}}$$

$$Ps = 3777 \text{ gr}$$

Peso de la Emulsión= Peso de suelo seco \* Porcentaje de emulsión

$$= 3777 \text{ gr} * 0,06$$

**Peso de la Emulsión= 226,62 gr**

**CANTIDAD DE AGUA:**

Agua del suelo = Ph-Ps

$$= 4000 \text{ gr} - 3777 \text{ gr}$$

$$= 223 \text{ gr}$$

Agua en la Emulsión = Peso de la Emulsión \* Agua

$$= 226,62 \text{ gr} * 0,44$$

$$= 99,71 \text{ gr}$$

Agua total en la mezcla= Ps \* Humedad Optima del suelo

$$= 3777 \text{ gr} * 0,1577$$

$$= 595,63 \text{ gr}$$

Peso de agua agregar= Agua total en la mezcla-Agua en la Emulsión-Agua del suelo

$$= 595,63 \text{ gr} - 99,71 \text{ gr} - 223 \text{ gr}$$

**Peso de agua agregar = 272,92 gr**

**Cálculo N.4:**

Humedad Natural del Suelo = 5,91%

Humedad Optima del Suelo = 15,77%

Tipo de emulsión: CCSH1

- Residuo asfáltico = 56%
- Agua = 44%

### CANTIDAD DE EMULSIÓN:

$$\text{Peso de suelo húmedo} = 4000 \text{ gr}$$

$$\text{Porcentaje de la emulsión} = 7\%$$

$$\text{Peso de suelo seco} = P_s = \frac{P_h}{1 + \frac{W_{\text{natural}}}{100}}$$

$$P_s = \frac{4000 \text{ gr}}{1 + \frac{5,91}{100}}$$

$$P_s = 3777 \text{ gr}$$

$$\text{Peso de la Emulsión} = \text{Peso de suelo seco} * \text{Porcentaje de emulsión}$$

$$= 3777 \text{ gr} * 0,07$$

$$\text{Peso de la Emulsión} = \underline{\underline{264,4 \text{ gr}}}$$

### CANTIDAD DE AGUA:

$$\text{Agua del suelo} = P_h - P_s$$

$$= 4000 \text{ gr} - 3777 \text{ gr}$$

$$= 223 \text{ gr}$$

$$\text{Agua en la Emulsión} = \text{Peso de la Emulsión} * \text{Agua}$$

$$= 264,4 \text{ gr} * 0,44$$

$$= 116,34 \text{ gr}$$

$$\text{Agua total en la mezcla} = P_s * \text{Humedad Optima del suelo}$$

$$= 3777 \text{ gr} * 0,1577$$

$$= 595,63 \text{ gr}$$

$$\text{Peso de agua agregar} = \text{Agua total en la mezcla} - \text{Agua en la Emulsión} - \text{Agua del suelo}$$

$$= 595,63 \text{ gr} - 116,34 \text{ gr} - 223 \text{ gr}$$

$$\text{Peso de agua agregar} = \underline{\underline{256,3 \text{ gr}}}$$

**Nota:** Los cálculos se lo realizó en base a experiencia de laboratorio, que para la elaboración de 3 briquetas se usaron 4000 gr de suelo a estabilizar. Para nuestra investigación se usaron un total de 6 briquetas para cada porcentaje de emulsión (4%,5%,6% y 7%).

### **5.6.5 Ensayo de compactación por medio del martillo Marshall.**

Este ensayo abarca un procedimiento de compactación usando el martillo Marshall, para una cantidad de mezclas de material determinada, en este caso mezclas en frío con el sistema suelo-agua y emulsión asfáltica, para determinar después valores de la Densidad Bulk, Estabilidad y flujo, para muestras secas y saturadas.

#### **5.6.5.1 Equipos y materiales.**

- Mezcla de la primera muestra del suelo de las cinco calicatas realizadas (4000 gr) para 3 briquetas
- Emulsión asfáltica CSS-1h (Proveedor Emulsificadora del Pacífico EMULPAC S.A)
- Papel filtro
- Balanza de precisión de 0.1 gr
- Equipo misceláneo (Brochas, espátula de 4", charoles o charolas metálicas, cucharas, guantes, gafas)
- Probeta (para medir la cantidad de agua a utilizar)
- Briquetas
- Martillo mecánico Marshall
- Pedestal de Marshall
- Gato extractor para desmoldar briquetas

#### **5.6.5.2 Preparación de la muestra.**

- Se pesa las cantidades de agregado necesaria en envases adecuados, si el material este húmedo sus cantidades se corrigen a peso seco, según la

experiencia de laboratorio en este caso se usó 4000 gr de material para 3 briquetas luego 4000 gr más para completar las 6 briquetas.

- Se coloca el material previamente pesado sobre la charola, dispersándolo uniformemente.
- Luego se coloca la cantidad de agua, previamente calculado para cada uno de los porcentajes de emulsión, y se mezcla durante unos 20 segundos hasta que la humedad este uniformemente distribuida.
- Esto se debe realizar antes de adición y mezclado con emulsión asfáltica.
- Coloque sobre el material la cantidad de emulsión, previamente pesada y calculada, a temperatura ambiente y mezcle vigorosamente durante 1 a 3 minutos, hasta que la mezcla quede visualmente homogénea y tenga un solo color.
- Finalmente, cuando la mezcla tenga un color negruzco estará lista para su compactación.



*Figura 58 Mezclado de los materiales (suelo, agua y emulsión), antes de su compactación.*

*Fuente: Danny Zavala-César Zambrano*



*Figura 59 Material listo para su colocación en el martillo Marshall para su compactación*

*Fuente: Danny Zavala- César Zambrano*

### 5.6.5.3 Procedimiento de la prueba.

- Colocar el molde y el collar al plato base, el molde se apoyará sobre un cimiento rígido del pedestal de Marshall, poner un disco de papel filtro con las dimensiones del molde, luego colocar la mezcla con emulsión asfáltica.
- Mezclar en el interior del molde, dándole 15 punzadas alrededor y 10 en el centro, con una espátula.
- Colocar y compactar las briquetas en el martillo Marshall con una caída libre de 475.2 mm, procurar dar de forma constante el número de golpes según el diseño. Para esta investigación el material a estabilizar se usará como base en una vía rural de bajo tránsito, por ese motivo las briquetas se sometieron a 50 golpes.
- Este proceso de compactación se realizó ambas caras del molde
- Después de la compactación, retire el molde de la base del pedestal de Marshall y cuidadosamente enrasar el espécimen compactado, por medio de una pequeña espátula a través de la parte superior e inferior del molde para formar una superficie plana retirándole cualquier tipo de sobrante.



*Figura 60 Compactación de mezcla con emulsión asfáltica en el martillo Marshall*

*Fuente. Danny Zavala- César Zambrano*

#### 5.6.5.4 Extracción de briquetas.

- Terminado el proceso de compactación después de 24 horas se desencofran los moldes con la maquina Gato extractor, aplicando una ligera carga a la parte superior por medio del pistón, de forma que la briqueta se deslice de una manera suave y uniforme.
- Lugo se medió las dimensiones geométricas (la altura y el diámetro) de cada briqueta por medio de un calibrador, para una mayor precisión se tomó la medida 4 veces para su altura y diámetro.



*Figura 61 Extracción de las briquetas por medio del gato extractor.*

*Fuente: Danny Zavala-César Zambrano*



*Figura 62 Briquetas con diferentes porcentajes de emulsión*

*Fuente: Danny Zavala-César Zambrano*



*Figura 63 Medición de las altura y diámetros de cada briqueta*

*Fuente: Danny Zavala-César Zambrano*

#### **5.6.5.5 Curado.**

Con las briquetas ya desmoldadas, se consideró un periodo de curado en seco para 3 briquetas de cada porcentaje (4%,5%,6% y 7%), colocarlas en el horno a 60°C durante 24 horas, lo que equivale a dejarlas curar durante 7 días a temperatura ambiente. La otra mitad se consideró un periodo de curado en saturación, durante 7 días en temperatura ambiente, sin embargo, este periodo de curado se lo realizó con todo y molde, colocando una base a la medida del diámetro de la briqueta hecha de papel aluminio con pequeños orificios por donde el agua pueda introducirse al interior de la briqueta. Esto se lo realizó para poder simular que el material compactado con emulsión asfáltica, se lo usará como una capa base estabilizada para un diseño de estructura de pavimento.

En teoría esta base estabilizada con emulsión asfáltica, en su parte superior estará protegida con la capa de rodadura, y no tendría problemas de saturación, pero en su parte inferior sí.



*Figura 64 Curado en seco.*

*Fuente: Danny Zavala-César Zambrano*



*Figura 65 Curado en agua (saturación).*

*Fuente: Danny Zavala-César Zambrano*

#### **5.6.5.6 Determinación de la densidad Bulk.**

Para la determinación de la densidad Bulk, se necesitan 3 tipos de pesos: peso de la briqueta en el aire seco, peso al aire saturado superficialmente seco y peso en el agua saturado superficialmente seco, esto se lo realiza para los dos tipos de briquetas tanto en las briquetas con curado en seco como las de curado en agua.

Para esto se necesita sumergir cada briqueta en una canastilla como se muestra en la figura 66.



*Figura 66 Sumergido de briquetas en el agua con una canastilla*

*Fuente: Danny Zavala-César Zambrano*

Se determina la densidad Bulk de cada una de las muestras de ensayo con la expresión:

$$\text{Densidad Bulk} = \frac{\text{Peso aire seco}}{\text{Peso aire SSS} - \text{Peso agua SSS}}$$

Donde:

Peso aire seco= Peso en el aire de la muestra seca.

Peso aire SSS= Peso en aire de la muestra en estado SSS

Peso agua SSS= Peso en agua de la muestra en estado SSS

### **5.6.6 Ensayos de estabilidad y flujo.**

#### **5.6.6.1 Estabilidad seca y saturada.**

Una vez terminado el tiempo de curado, se calcula la estabilidad para cada grupo de briquetas, se ensayará un grupo de 3 briquetas por cada porcentaje de emulsión en seco y después de siete días se ensayará las otras 3 briquetas sometidas a saturación a temperatura ambiente, para representar la presencia de humedad.

La prensa Marshall consta de un anillo de carga que da valores de carga en kilogramos, ya que en nuestro país el MTOP sugiere usar la unidad de medición de carga en libras, al final de cada ensayo de debe hacer la respectiva conversión de kg a lb.

#### **5.6.6.2 Flujo.**

El movimiento de deformación es el valor de flujo, en unidades de 0.25mm (1/100”), que experimentas las briquetas ensayadas al momento de someterles cargas durante el ensayo de la estabilidad.

#### **5.6.6.3 Equipos y materiales.**

- Prensa Marshall mecánica dotada de un anillo de carga de 27 KN (6000 lb) de capacidad.
- Mordaza metálica de rotura para ensayos con briquetas
- Medidor de deformación de diámetro (Determinación del flujo) durante el ensayo de estabilidad.

- Briquetas de suelo-emulsión asfáltico de distintos porcentajes

#### 5.6.6.4 Procedimiento de prueba.

- Se encera y comprueba el funcionamiento del anillo de carga y medidor de deformación de flujo.
- Se limpia la superficie interior de la mordaza, lubriqué las barras guías de tal forma que la mordaza superior se deslice libremente.
- Coloque la briqueta centrada en la mordaza inferior, luego coloque la mordaza superior y después ubique todo el conjunto ensamblado sobre la prensa.
- Se ubica sobre el medidor de flujo sobre el conjunto ensamblada de mordaza y se comprueba que su lectura inicial sea cero.
- Se verifica también que el medidor de carga instalado en la máquina de compresión también marque cero.
- Se aplica la carga sobre la briqueta a una velocidad constante de 50.8 mm (2") por minuto hasta que se produzca la falla o rotura, esto viene dado por la aplicación de la carga máxima y cuyo valor se lo registra como la estabilidad Marshall.
- Cabe recalcar que, durante la ejecución del ensayo de estabilidad, se debe mantener el medidor de deformación o de flujo en posición firme vertical a la barra guía. El valor de flujo o de deformación, expresado en centésimas de pulgadas, se tomará cuando la carga llegue a su máximo.



*Figura 67 Aplicación y medición de carga y flujo en las briquetas.*

*Fuente: Danny Zavala-César Zambrano*



*Figura 68 Retiro de la briqueta después de la rotura máxima.*

*Fuente: Danny Zavala-César Zambrano*

#### **5.6.6.5 Corrección de estabilidad.**

En la fabricación de briquetas existe la dificultad de obtener las dimensiones normalizadas, puesto que sería necesario realizar un gran número de briquetas para obtenerlas, sin embargo, esto en la práctica no se realiza por motivos de tiempo y costos. Para esta situación la Norma ASTM D 1559 da la posibilidad de la corrección, dicha corrección se la consigue multiplicando la estabilidad obtenida por el coeficiente que está en función del volumen en  $\text{cm}^3$  de cada briqueta realizada. En la siguiente tabla 43 se muestran los diferentes factores de corrección de estabilidad:

Tabla 43  
Factor de Corrección de Estabilidad

<b>VOLUMEN DE LA BRIQUETA (cm3)</b>	<b>ESPEJOR APROXIMADO DE LA BRIQUETA (cm)</b>	<b>FACTOR DE CORRECCIÓN</b>
200-213	2,54	5,56
214-225	2,70	5,00
226-237	2,86	4,55
238-250	3,02	4,17
251-264	3,17	3,85
265-276	3,33	3,57
277-289	3,49	3,33
290-301	3,65	3,03
302-316	3,81	2,78
317-328	3,97	2,50
329-340	4,13	2,27
341-353	4,29	2,08
393-405	4,44	1,92
354-367	4,60	1,79
368-379	4,76	1,67
390-392	4,92	1,56
393-405	5,08	1,47
406-420	5,24	1,39
421-431	5,40	1,32
432-443	5,56	1,25
444-456	5,71	1,19
457-470	5,87	1,14
471-482	6,03	1,09
483-495	6,19	1,04
496-508	6,35	1,00
509-522	6,51	0,96
536-546	6,67	0,93
547-559	6,82	0,89
560-573	6,98	0,86
574-585	7,14	0,83
586-598	7,30	0,81
599-610	7,46	0,78
611-625	7,62	0,76

Fuente: Norma ASTM D 1559

Tabla 44 Propiedades de la mezcla con Emulsión Asfáltica Método Marshall

No.	% EMULSION	PESO EN GRAMOS			VOLUMEN	GRAVEDAD ESPECIFICA DE LA MEZCLA "BULK" (Gmb) g/cm3	PROMEDIO	FACTOR DE CORRECCION	ESTABILIDAD			PROMEDIO	FLUJO 0.01"	PROMEDIO
		SECA EN AIRE	S. S. S. EN AIRE	EN AGUA					MEDIDA KG	MEDIDA Lb	CORREGIDA			
1	SECO	962,0	965,0	449,0	516,0	1,864	1,955	1,00	297,90	655,38	655	735	10	11
2		942,0	945,0	444,0	501,0	1,880		1,04	340,00	748,00	778		12	
3		928,0	930,0	445,0	485,0	1,913		1,09	321,40	707,08	771		11	
4	SATURADO	1.072,0	1.074,0	546,0	528,0	2,030		0,96	245,00	539,00	517	586	12	
5		986,0	988,0	497,0	491,0	2,008		1,09	265,00	583,00	635		10	
6		1.040,0	1.042,0	531,0	511,0	2,035		1,00	274,60	604,12	604		11	
<b>Promedio</b>	<b>4,00</b>													
1	SECO	1.057,0	1.059,0	470,0	589,0	1,795	1,998	0,81	595,45	1309,99	1.061	1.185	11	12
2		1.015,0	1.017,0	489,0	528,0	1,922		0,96	560,30	1232,66	1.183		12	
3		1.032,0	1.035,0	506,0	529,0	1,951		0,96	620,40	1364,88	1.310		12	
4	SATURADO	1.058,0	1.060,0	588,0	472,0	2,242		1,14	417,20	917,84	1.046	949	13	
5		1.092,0	1.093,0	555,0	538,0	2,030		0,93	399,50	878,90	817		14	
6		1.093,0	1.093,0	559,0	534,0	2,047		0,96	466,20	1025,64	985		12	
<b>Promedio</b>	<b>5,00</b>													
1	SECO	941,0	944,0	455,0	489,0	1,924	1,958	1,09	467,20	1027,84	1.120	1.106	14	15
2		913,0	915,0	444,0	471,0	1,938		1,14	456,80	1004,96	1.146		16	
3		909,0	912,0	413,0	499,0	1,822		1,04	459,60	1011,12	1.052		15	
4	SATURADO	1.006,0	1.007,0	509,0	498,0	2,020		1,04	432,20	950,84	989	890	16	
5		990,0	991,0	502,0	489,0	2,025		1,09	330,80	727,76	793		15	
6		988,0	989,0	500,0	489,0	2,020		1,09	370,70	815,54	889		16	
<b>Promedio</b>	<b>6,00</b>													
1	SECO	893,0	896,0	382,0	514,0	1,737	1,917	1,00	440,30	968,66	969	1.041	18	18
2		912,0	915,0	403,0	512,0	1,781		1,00	460,60	1013,32	1.013		17	
3		912,0	914,0	447,0	467,0	1,953		1,19	435,40	957,88	1.140		18	
4	SATURADO	954,0	955,0	483,0	472,0	2,021		1,14	362,10	796,62	908	849	16	
5		945,0	946,0	476,0	470,0	2,011		1,19	330,50	727,10	865		17	
6		949,0	951,0	476,0	475,0	1,998		1,14	307,90	677,38	772		19	
<b>Promedio</b>	<b>7,00</b>													

Elaborado: Danny Zavala – Cesar Zambrano

## 5.7 Resultados obtenidos del material granular estabilizado con emulsión asfáltica.

Con datos obtenidos mediante el ensayo de Marshall se procede a realizar las gráficas correspondientes a cada una de las características: estabilidad, flujos y densidades Bulk, relacionadas con el porcentaje de emulsión asfáltica.

Cada gráfica conectará los puntos por medio de una curva suavizada que se ajuste de la mejor forma a cada resultado correspondiente.

### Propiedad Volumétrica

#### DENSIDAD BULK

Tabla 45

Densidad Bulk (Base estabilizada con emulsión).

Porcentaje de Emulsión	Densidad (Bulk)
%	+pg/cm <sup>3</sup>
4	1,955
5	1,998
6	1,958
7	1,917

Elaborado: Danny Zavala – Cesar Zambrano

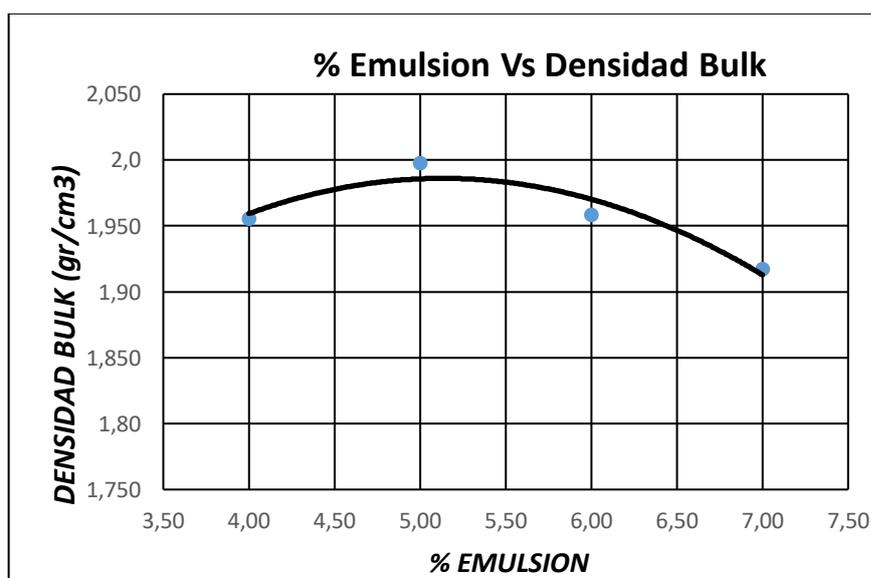


Figura 69 Densidad Bulk vs Contenido de emulsión asfáltica.

Fuente: Danny Zavala – Cesar Zambrano

En la gráfica se puede observar que al aumentar la cantidad de emulsión asfáltica se ve un decrecimiento en la densidad de la mezcla compactada.

La densidad Bulk de la mezcla compactada es un parámetro de comparación más no de diseño.

### Propiedades de mezcla compactada

### ESTABILIDAD SECA Y SATURADA

Tabla 46

Estabilidad seca y saturada (Base estabilizada con emulsión).

Porcentaje de Emulsión	Estabilidad Seca	Estabilidad Saturada
%	Lib. Min	Lib. Min
4	735	586
5	1185	949
6	1106	890
7	1041	849

Elaborado: Danny Zavala – Cesar Zambrano

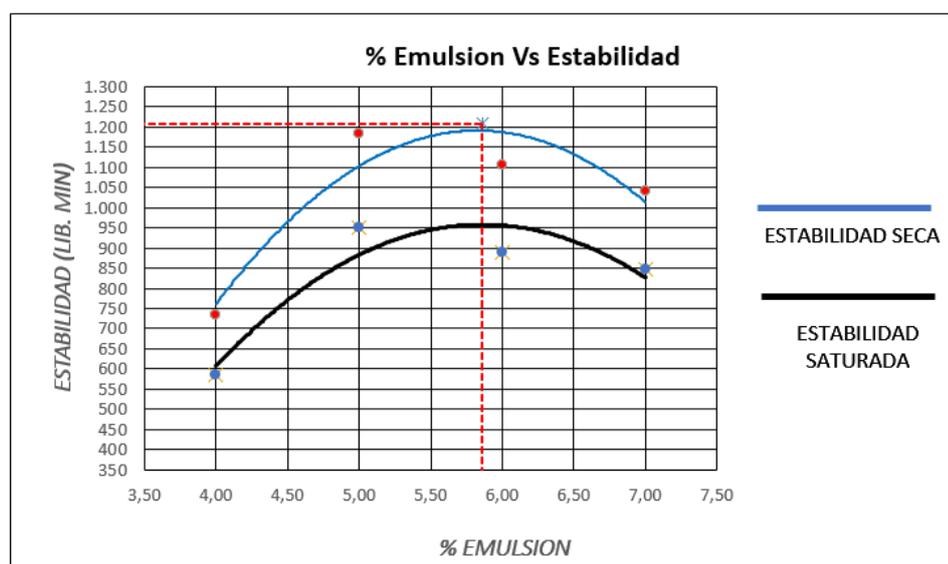


Figura 70 Estabilidad seca y saturada vs Contenido de emulsión asfáltica.

Fuente: Danny Zavala – Cesar Zambrano

Al graficar la Estabilidad Seca vs el Porcentaje de Emulsión y la Estabilidad Saturada vs el Porcentaje de Emulsión se forman curvas parábolas positivas con ejes

simétricos, y además son curvas similares a las curvas típicas para este tipo de ensayos de Marshall, se puede observar también que a medida que aumenta el porcentaje de emulsión disminuye las estabilidades secas y saturadas.

Los valores de Estabilidad Seca obtenidos para el material granular existente estabilizado con emulsión asfáltica de la vía Libertador Bolívar-Sitio Nuevo va desde las 735 lib. min y llega a una estabilidad máxima de 1185 lb. Min, y disminuye a medida que se aumenta la cantidad de emulsión en la mezcla. Para este se escogerá la estabilidad máxima que es de 1185 lb. Min con un porcentaje óptimo de emulsión del 5,86%.

## FLUJO

Tabla 47  
Flujo (Base estabilizada con emulsión).

Porcentaje de Emulsión	Flujo
%	(1/100")
4	11
5	12
6	15
7	18

Elaborado: Danny Zavala – Cesar Zambrano

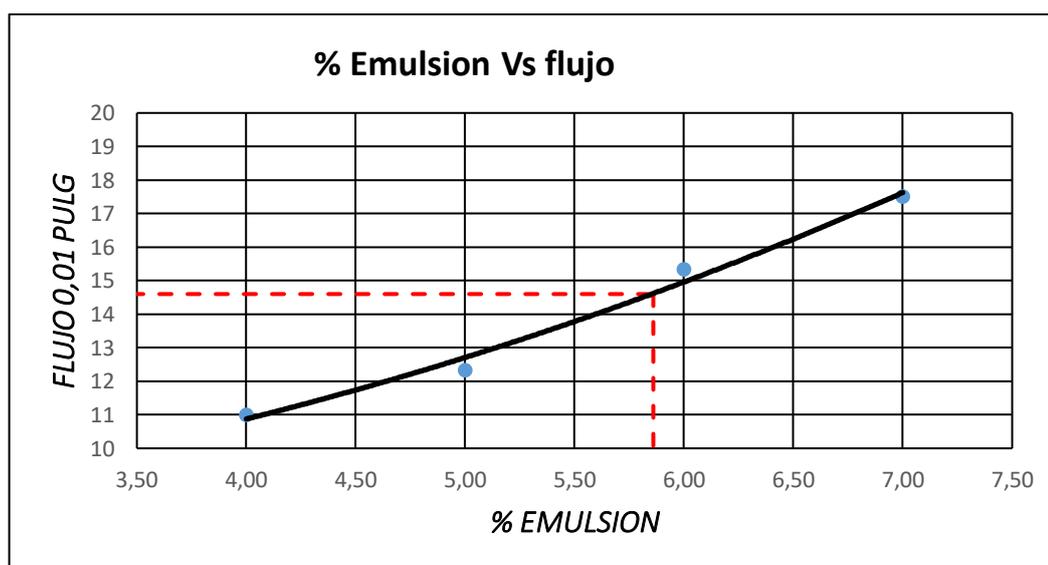


Figura 71 Flujo vs Contenido de emulsión asfáltica.

Fuente: Danny Zavala – Cesar Zambrano

Al graficar el flujo vs el porcentaje de emulsión se forma una curva parabólica positiva, la cual es una función típica para este tipo de ensayo, en la gráfica se puede observar que el valor del flujo de el estabilizado con emulsión asfáltica del material granular existente de la vía Libertador Bolívar – Sitio Nuevo, esta entre 11 y 18 (1/100”) como se muestra en la tabla 47 para los porcentajes de emulsión ensayados.

Los valores de flujo obtenidos serán aceptados, porque estos valores se encuentran dentro del Criterio de Diseño para Bases Estabilizadas con Emulsiones Asfálticas que de 5 a 18 (1/100”) como se muestra en la tabla 49.

### PORCENTAJE DE PERDIDA DE ESTABILIDAD

Tabla 48

Porcentaje de pérdida de estabilidad (Base estabilizada con emulsión).

Porcentaje de Emulsión	Estabilidad Seca Promedio	Estabilidad Saturada Promedio	Porcentaje Perdida Estabilidad
%	Lbs.min	Lbs.min	%
4	735	586	25
5	1185	949	25
6	1106	890	24
7	1041	849	23

Elaborado: Danny Zavala – Cesar Zambrano

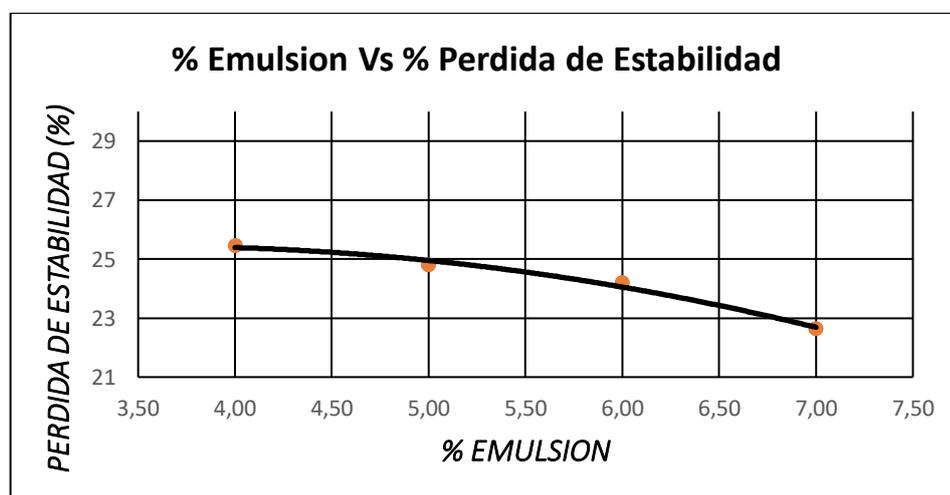


Figura 72 Porcentaje de perdida de estabilidad vs Contenido de emulsión asfáltica.

Fuente: Danny Zavala – Cesar Zambrano

En la figura 72 se puede observar que existe una pérdida considerable de estabilidad entre 23% y 25% de la estabilidad húmeda con respecto a la estabilidad seca, esto se

debe a que las briquetas fueron sometidas a condiciones de saturación durante 7 días y ensayadas en la prensa Marshall en la condición de superficialmente saturada. Esta condición permite evaluar la sostenibilidad de la mezcla frente al agua, lo cual se justifica en base a los resultados que existe una pérdida de cohesión en la mezcla, y, en consecuencia, una disminución en su capacidad portante de la misma.

### 5.7.1 Análisis y aceptación de resultados.

La aceptación del diseño de la base estabilizada se realiza comparando con los criterios que establece el MTOP con los requisitos que debe cumplir la mezcla asfáltica a una temperatura de 25°C, cuyos criterios de diseño para bases estabilizadas con emulsión asfáltica se muestra en la tabla 49.

*Tabla 49*

*Criterios de diseño para bases estabilizadas con emulsión asfáltica.*

<b>Estabilidad</b>	<b>Flujo</b>
Marshall	(1/100")
750 libs. Min	5-18

*Fuente:* (MTOP, Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes, 2002).

Se logró conseguir la Estabilidad Saturada de 750 lib.min mínima con la estabilización del material granular de la vía Libertador Bolívar-Sitio Nuevo con un 4,5% de emulsión como muestra la curva de la Estabilidad Saturada de la figura 70. Para los porcentajes inferiores a este, se rechaza la estabilidad.

Se alcanzo conseguir la Estabilidad Seca de 750 lib.min mínima con la estabilización del material granular de la vía Libertador Bolívar-Sitio Nuevo con un 4 % de emulsión como muestra la curva de la Estabilidad Seca de la figura 70. Para los porcentajes inferiores a este, se rechaza la estabilidad.

El flujo para la estabilidad máxima del material granular existente de la vía Libertador Bolívar – Sitio Nuevo estabilizado con emulsión asfáltica se encuentra en el rango de 5-18 (1/100") como indica la figura 71, comprobando que estabilizar con 5,86% de emulsión asfáltica cumple con las especificaciones exigidas en la normativa ver tabla 49.

### 5.7.1.1 Porcentaje de Emulsión para Diseño

En los ensayos realizados se demostró que la base estabilizada con emulsión asfáltica cumple con los parámetros estipulados en las normas y se puede observar una ganancia en el coeficiente estructural. En el diseño se utilizará el porcentaje óptimo que será el más recomendable debido a que mantiene una estabilizada máxima y se pretende demostrar su costo beneficio para el diseño de la Estructura del Pavimento Flexibles con Base Estabilizada con emulsión asfáltica en comparación al diseño de la Estructura del Pavimento Flexible Tradicional.

Para la rehabilitación de la vía Libertador Bolívar-Sitio Nuevo, por los beneficios obtenidos de la estabilización con emulsión asfáltica, se adoptará una estabilidad máxima de 1185 lib.min que es muy superior al mínimo de 750 lib. Min establecido por el MTOP.

*Tabla 50*  
*Propiedades de la base estabilizada.*

<b>Propiedades de la base estabilizada con material existente de la vía Libertador Bolívar – Sitio Nuevo.</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
Porcentaje de Emulsión	5,86	%
Densidad Bulk	1976	Kg/m <sup>3</sup>
Estabilidad Seca	1185	Lib.Min
Flujo	14.6	(1/100")

*Elaborado: Danny Zavala – Cesar Zambrano*

## CAPÍTULO VI

### **ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE.**

En este capítulo se elaborará el diseño tradicional de la estructura del pavimento flexible y el diseño de la estructura del pavimento flexible con la base estabilizada con emulsión asfáltica, para esto se utilizará el método de la AASTHO 93 para pavimentos flexibles, en la determinación de los espesores de capas como son subbase, base y carpeta asfáltica.

Para determinar las estructuras del pavimento de la vía es necesario contar con la información generada en los capítulos anteriores, como el tráfico vehicular, ESAL'S de diseño, los estudios de suelos en la determinación del CBR de diseño de la subrasante y la estabilidad máxima Marshall para bases tratadas con emulsión asfáltica.

#### **6.1 Concepto de pavimento.**

Un pavimento está constituido por un conjunto de capas de material seleccionado que absorben las cargas del tránsito.

Estas capas estructurales se apoyan sobre el suelo de subrasante de una vía obtenida por el movimiento de tierras en el proceso de corte y relleno, conformación y compactación y que ha de resistir adecuadamente los esfuerzos que las cargas repetidas del tránsito le transmiten durante el período para el cual fue diseñada la estructura del pavimento. (Montejo Fonseca , 2002)

Un pavimento debe desempeñar con alta eficiencia los siguientes parámetros:

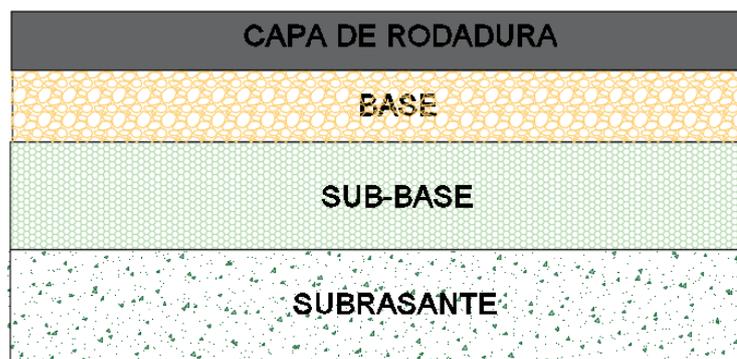
- Ser resistente bajo la acción de las cargas y descargas producidas por el tránsito
- Ser resistente al desgaste producido por el efecto abrasivo de las llantas de los vehículos
- La textura superficial debe ser adaptable a las velocidades previstas de circulación de los vehículos, esto influye decisivamente a la seguridad vial del pavimento.
- Debe ser durable y económico

- El ruido de rodadura debe ser adecuadamente moderado, para que no afecten a los usuarios tanto en el interior de los vehículos como en el exterior.

(Monzalve Escobar , Giraldo Vasquez, & Maya Gaviria, 2012)

## 6.2 Pavimento Flexible.

El pavimento flexible tiene la capacidad de distribuir los esfuerzos aplicados por la acción del tránsito en áreas pequeñas debido a su baja rigidez, por lo que tiende a deformarse y recuperar su condición inicial una vez que la carga del tránsito se retira. Este tipo de pavimento están formados por una capa bituminosa apoyada generalmente sobre dos capas no rígidas, la base y la subbase. (Morales Cárdenas, Chávez Arévalo, & López Poveda , 2009)



*Figura 73 Sección transversal Pavimento Flexible*

*Fuente: Danny Zavala – César Zambrano.*

### 6.2.1 Estructura del pavimento flexible.

La estructura de pavimento flexible generalmente está compuesta por una serie de capas la cuales son:

- Subrasante
- Mejoramiento de la subrasante
- Subbase
- Base
- Carpeta asfáltica

### 6.2.1.1 Subrasante.

Es la capa del suelo de una carretera que se utiliza como fundación cuyo objetivo es soportar la carga de la estructura del pavimento, como también las cargas y descargas disipada de la acción del tránsito vehicular. La subrasante se extiende hasta una profundidad que no afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito conocido. Esta capa puede estar formada en corte o relleno y una vez compactada debe tener las secciones transversales y pendientes especificadas en los planos finales de diseño. (Coronado Iturbide, 2002)

Por medio de los ensayos de laboratorio realizados en el capítulo 5, se determinó las propiedades físicas-mecánicas de la Subrasante de la zona de influencia de la vía de estudio, cuyos resultados se los muestran en Anexo B, donde se muestra el tipo de suelo y sus características de todas las muestras obtenidas en las exploraciones realizadas con calicatas, además su obtuvo la capacidad de soporte del suelo CBR descrito en el capítulo 5 se pudo obtener el CBR de diseño de 22 % (ver anexo B) donde se lo calificó como un suelo de subrasante muy buena, según la tabla 51. Para el caso del CBR de la subrasante para el diseño tradicional de la estructura del pavimento se va a considerar un promedio de todos los CBR del material granular existente en la vía Libertado Bolívar- Sitio Nuevo.

Tabla 51  
Clasificación del material de acuerdo al CBR

<b>CBR</b>	<b>CLASIFICACIÓN</b>
0-5	Suelo de Subrasante muy mala
5-10	Suelo de Subrasante mala
10-20	Suelo de Subrasante regular a buena
20-30	Suelo de Subrasante muy buena
30-50	Subbase buena
50-80	Base buena
80-100	Base muy buena

Fuente: Norma ASTM D 1883-73

### 6.2.1.2 Mejoramiento de la subrasante

Se debe mejorar la subrasante cuando se presenta baja capacidad portante de la explanada natural. Para mejorar la subrasante se utiliza material seleccionado,

adecuadamente preparado y compactado con la finalidad de brindar una base uniforme a toda la estructura del pavimento. (Londa Cañar & Maisincho Yunga, 2016)

Según las especificaciones del MTOP, en el artículo 402-2, el mejoramiento de la subrasante puede construirse con suelo granular, material rocoso o combinados de ambos, libre de material orgánico o escombros, donde tendrá la granulometría con partículas que pase por el tamiz de 4" y no más de 20% pase el tamiz No. 200 de acuerdo al ensayo AASHTO-T11. El material que pase por el tamiz No. 40 tendrá un IP menor o igual 9, un LL menor que 35% siempre que el valor del CBR sea mayor al 20%, tal como se determina en el ensayo AASHTO-T91. La densidad de capa compactada deberá ser del 95% de la densidad seca máxima obtenida en el ensayo del Proctor modificado.

#### **6.2.1.3 Subbase.**

Es la capa de la estructura del pavimento que se encuentra entre la base y la subrasante destinada fundamentalmente a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad las cargas generadas por el tránsito que vienen desde la superficie de rodadura del pavimento hacia la base, de tal manera que la capa de subrasante la pueda soportar absorbiendo las variaciones inherentes a dicho suelo que puedan afectar a la subbase. La subbase debe controlar los cambios de volumen y elasticidad que serían dañinos para el pavimento. (Coronado Iturbide, 2002)

Según las especificaciones del MTOP, en el artículo 403-1.02, los agregados que se empleen en la subbase deberán tener un coeficiente de desgaste máxima de 50%, de acuerdo con el ensayo de abrasión de los Ángeles y la porción que pase el tamiz No. 40 deberá tener un índice de plasticidad menor que 6 y un límite líquido máximo de 25. La capacidad de soporte corresponderá a un CBR igual o mayor del 30%.

Tabla 52  
Granulometría de las Sub-bases.

TAMÍZ	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	-
1 1/2" (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: (MTO, 2002)

#### 6.2.1.4 Base.

Es la capa sobre la cual se coloca la capa de rodadura de un pavimento flexible, y debido a esto debe tener una buena resistencia a la deformación. Tiene como función primordial absorber los esfuerzos transmitidos por la capa de rodadura ocasionados por el tránsito, y a su vez distribuir estos esfuerzos a la subbase y a través de ésta a la subrasante. (Coronado Iturbide, 2002)

El material para una base granular debe estar constituido por piedra de buena calidad, triturada y mezclada con material de relleno o bien por una combinación de piedra o grava, con arena y filler mineral, en su estado natural. Todos estos materiales deben ser clasificados para formar una base integrante de la estructura de pavimento. Su estabilidad dependerá de la graduación de las partículas, su forma, densidad relativa, fricción interna y cohesión, y todas estas propiedades dependerán de la proporción de finos con respecto al agregado grueso. (Coronado Iturbide, 2002)

Según las especificaciones del MTO, en el artículo 404-1.02, las bases deben cumplir con las siguientes condiciones: el pasante del tamiz No. 40 tendrá in IP menor que 6 y un LL menor a 25, el porcentaje de desgaste será menor del 40% y el valor de soporte CBR deberá ser igual o mayor 80%.

Las bases se clasifican en 4 clase y estas cumplen con sus respectivas granulometrías según las siguientes tablas 53:

*Tabla 53*  
*Granulometría base clase 1.*

<b>TAMIZ</b>	<b>Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada</b>	
	<b>Tipo A</b>	<b>Tipo B</b>
2" (50.8 mm.)	100	-
1 1/2" (38.1 mm.)	70-100	100
1" (25.4 mm.)	55-85	70-100
3/4" (19.0 mm.)	50-80	60-90
3/8" (9.5 mm.)	35-60	45-75
N°4 (4.75 mm.)	25-50	30-60
N°10 (2.00 mm.)	20-40	20-50
N°40 (0.425 mm.)	10-15	10-25
N°200 (0.075 mm.)	2-12	2-12

*Fuente:* (MTO, 2002)

*Tabla 54*  
*Granulometría base clase 2.*

<b>TAMIZ</b>	<b>Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada</b>
1" (25.4 mm.)	100
3/4" (19.0 mm.)	70-100
3/8" (9.5 mm.)	50-80
N°4 (4.76 mm.)	35-65
N°10 (2.00 mm.)	25-50
N°40 (0.425 mm.)	15-30
N° 200 (0.075 mm.)	3-15

*Fuente:* (MTO, 2002)

Tabla 55  
Granulometría base clase 3.

TAMIZ	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada
2" (50.8 mm.)	100
1" (25.4 mm.)	60-90
N°4 (4.76 mm.)	20-50
N°200 (0.075 mm.)	0-15

Fuente: (MTO, 2002)

### 6.2.1.5 Base Estabilizada.

Una base estabilizada está formada por la combinación de piedra o grava trituradas, combinadas con material de relleno, mezclados con materiales o productos estabilizadores, preparada y construida aplicando técnicas de estabilización, para mejorar sus condiciones de estabilidad y resistencia, para constituir una base integrante de la estructura del pavimento destinada fundamentalmente a distribuir y transmitir las cargas originadas por el tránsito, a la capa de subbase de ser necesario o directamente a la subrasante . (Coronado Iturbide, 2002)

Generalmente se usan para estabilización de base granulares productos estabilizadores como: emulsiones asfálticas, cemento y cal.

Para esta investigación se realizó una estabilización del material granular existente con emulsión asfáltica de la vía Libertador Bolívar-Sitio Nuevo, que servirá como una base estabilizada para un diseño de la estructura del pavimento flexible.

Los principales parámetros que debe cumplir esta estabilización son los del ensayo de Estabilidad y Flujo del método Marshall realizados en el capítulo 5 y cuyos valores mínimos se sugeridos por el MTO se muestran en la tabla 49.

Cabe recalcar que se cumplió satisfactoriamente estos valores mínimos del criterio de diseño para bases estabilizadas con emulsiones asfálticas y cuyos resultados se muestran en la tabla 50 del capítulo 5.

### 6.2.1.6 Carpeta Asfáltica.

La carpeta asfáltica es la superficie de rodadura del pavimento flexible y cuya capa se coloca sobre la base. Su objetivo principal es proteger la estructura de pavimento, impermeabilizando la superficie, para evitar filtraciones de agua de lluvia que podrían saturar las capas inferiores. Además, evita la desintegración de las capas subyacentes a causa del tránsito de vehículos. Asimismo, la carpeta asfáltica contribuye a aumentar la capacidad de soporte del pavimento, absorbiendo directamente las cargas producidas por el tránsito y las transmite en forma disipada a las capas subsiguientes como son las base, subbase y subrasante. (Coronado Iturbide, 2002)

La carpeta asfáltica está compuesta principalmente de cemento asfáltico y agregados pétreos bien graduados mezclados y colocados en caliente sobre una base debidamente preparada, para las mezclas asfálticas en caliente los agregados deben cumplir con las especificaciones descritas por el MTOP en la siguiente tabla 56.

*Tabla 56*  
*Granulometría para agregados de la carpeta asfáltica.*

TAMÍZ	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada			
	3/4"	1/2"	3/8"	N°4
1" (25.4 mm.)	100	-	-	-
3/4" (19.0 mm.)	90-100	100	-	-
1/2" (12.7 mm.)	-	90-100	100	-
3/8" (9.5 mm.)	56-80		90-100	100
N° 4 (4.75 mm.)	35-65	44-74	55-85	80-100
N° 8 (2.36 mm.)	23-49	28-58	32-67	65-100
N° 16 (1.18 mm.)	-	-	-	40-80
N° 30 (0.60 mm.)	-	-	-	25-65
N°50 (0.30 mm.)	5_19	5_21	7_23	7_40
N° 100 (0.15 mm.)	-	-	-	3_20
N°200 (0.075 mm.)	2_8	2_10	2_10	2_10

*Fuente: (MTOP, 2002)*

### **6.3 Diseño Estructural del Pavimento Flexible (Método AASTHO93).**

Este método es de amplia aceptación para el diseño de pavimentos flexibles y fue emitida por la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO). El método se publicó por primera vez en 1972, existiendo revisiones hasta 1993 y en la actualidad comienza a distribuirse la versión 2002. La información de pruebas incluida en el desarrollo del método fue recolectada en el ensayo vial AASHO de 1958 a 1960. (Tapia García, s.f., pág. 32)

En el Experimento Vial AASHO (hoy AASTHO) se introdujo el concepto de falla funcional de un pavimento, los cuales se fundamentan exclusivamente en los conceptos de falla estructural. Entre los conceptos fundamentales que se introdujeron para cuantificar esta descripción están el de la “serviciabilidad”, es decir la capacidad que tiene un pavimento para servir al tránsito para el cual fue diseñada y el del “comportamiento” del pavimento, es decir la habilidad para servir al tránsito al largo del tiempo o -repeticiones de carga-, o también como la tendencia de la serviciabilidad<sup>32</sup> con el tiempo -o cargas-. La forma como inicialmente se medía la serviciabilidad era mediante la calificación que un “panel” de evaluadores efectuaba sobre la calidad del pavimento. (CORREDOR M, 2010)

Hoy en día el Método AASTHO 93 mantiene las ecuaciones de comportamiento de los pavimentos que se establecieron en el Experimento Vial de la AASHO en 1961, como los modelos básicos que deben ser empleados en el diseño de pavimentos, introduciendo los cambios más importantes sucedidos en diferentes áreas de diseño incluyendo los de “Factor de Confiabilidad”, fundamentado en un posible cambio del tránsito a lo largo del periodo del diseño, que permite utilizar el concepto de análisis de riesgo para los diversos tipos de facilidades viales a proyectar. Además, se sustituyó el Valor de Soporte del Suelo (Si) por el Módulo de Resiliente, el cual proporciona un procedimiento de laboratorio racional, que corresponda a los principios fundamentales de la teoría elástica para la determinación de las propiedades de resistencia de los materiales, además el uso de estos módulos resilientes sirve para la determinación de los coeficientes estructurales, tanto de los materiales naturales, como los de los estabilizados. También se estableció un guía para la construcción de sistemas de drenajes y subdrenajes, y modificación de las ecuaciones de diseño, que permite tomar

en cuenta las ventajas que resultan, sobre el comportamiento de los pavimentos, como consecuencia de un buen drenaje. (CORREDOR M, 2010)

Para este diseño se contempla una vía de categoría tipo III, es decir una vía colectora la cual unirá la Comuna Libertador Bolívar y Sitio Nuevo, esta tendrá 2 carriles, uno en cada sentido y se estima un TPDA de 976 vehículos/día/ambos sentidos.

En el diseño de la estructura del pavimento flexible, involucra diversos variables de diseño dentro de los cuales se incluyen: limitaciones del tiempo (tales como comportamiento y periodo de análisis), tráfico, confiabilidad y efectos ambientales.

La ecuación empírica propuesta por la AASTHO 93 para la obtención del número estructural SN de las diferentes capas de pavimento flexible es la que se indica a continuación:

$$\text{Log } W_{18} = Z_r * S_o + 9.36 \text{ Log}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\text{Log} \left( \frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right)}{0.40 + \left( \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}} \right)} + 2.23 \text{ Log} MR - 8.07$$

**Donde:**

**SN**= Número estructural, pulgadas

**W18**= Número estimados de ejes equivalentes de 8.2 toneladas

**Zr**= Desviación estándar normal

**So**= Error estándar combinado de la perdición de tránsito y de la predicción del comportamiento

**ΔPSI**= Diferencia entre el índice de servicio inicial (Po) y el final (Pt)

**MR**= Modulo resiliente

### 6.3.1 Variables de Diseño.

A continuación, se describen todas las variables de diseño necesarias consideradas en el método AASTHO 93, para posteriormente definir los espesores de capa de la estructura del pavimento:

### 6.3.1.1 Variables de Tiempo.

Existen dos variables de tiempo que deben tomarse en cuenta, los cuales son: el periodo de diseño y la vida útil del pavimento. La primera variable es el tiempo total que debe cubrir el diseño del pavimento en función a la proyección del tránsito, y la otra variable se refiere al tiempo que transcurre entre la construcción del mismo y el momento que alcanza el mínimo grado de serviciabilidad, además puede prolongarse por lo proyectos de rehabilitación.

A continuación, la AASTHO 93 recomienda los siguientes periodos de diseño en función al tipo de la carretera:

*Tabla 57*  
*Periodo de diseño en función del tipo de carretera.*

<b>TIPO DE CARRETERA:</b>	<b>PERIODO DE DISEÑO</b>
Urbana con altos volúmenes de tránsito	30 - 50 años
Interurbana con altos volúmenes de tránsito	20 - 50 años
Pavimentos con altos volúmenes de tránsito	15 - 25 años
Revestidas con bajos volúmenes de tránsito	10 - 20 años

*Fuente:* (Tapia García, s.f.)

En el caso de la vía Libertador Bolívar-Sitio Nuevo, al estar ubicado en un sector rural y al poseer un bajo volumen de tránsito, se escoge un periodo de diseño de **20 años**.

### 6.3.1.2 Tránsito, ESAL'S (W18).

Es el número de repeticiones de ejes equivalentes de 18 kips proyectadas para el periodo de diseño de la vía y las conversiones de cargas se realizan mediante la utilización de los factores equivalentes de cargas. El valor del ESAL'S de diseño se menciona en la siguiente tabla obtenida en el estudio de tránsito en el capítulo IV.

Tabla 58  
Numero de ejes equivalentes.

Vía	ESAL'S (20 años)
Libertador Bolívar - Sitio Nuevo	125494

Elaborado: Danny Zavala- César Zambrano

### 6.3.1.3 Confiabilidad (R).

Es el grado de seguridad del diseño de una estructura de pavimento pueda llegar al fin de su vida útil, en buenas condiciones según su periodo de diseño.

El método AASTHO 1993 recomienda, para el diseño de la sección estructural de pavimentos flexibles, valores desde 50 y hasta 99.9 para parámetros "R" de confiabilidad, con diferentes clasificaciones funcionales, como se muestra en tabla 59. (Tapia García, s.f., pág. 40)

Tabla 59  
Niveles de confianza recomendado.

CLASIFICACION FUNCIONAL	NIVEL DE CONFIANZA RECOMENDADO	
	URBANO	RURAL
Interestatal y Autopista	85 - 99.9	80 - 99.9
Arterias principales	80 - 99	75 - 95
Colectoras de Transito	80 - 95	75 - 95
Carreteras locales	50 - 80	50 - 80

Fuente: (Montejo Fonseca , 2002, pág. 264)

Para la vía Libertador Bolívar-Sitio Nuevo, se acogió un porcentaje de confiabilidad del **80%**, en base al estudio de tránsito y en función al TPDA del último año de diseño, la vía se la clasificó como una Vía Colectora ubicada en una zona rural.

#### 6.3.1.4 Desviación Normal Estándar (Zr).

Si se supone que para un conjunto de variables de diseño necesarias para la conformación de un pavimento (espesores de las capas, características de los materiales que lo componen, condiciones de drenaje, etc.), el tránsito que pueda soportar un pavimento a lo largo de un determinado periodo de diseño sigue una ley distribución normal con una desviación estándar Total (So) y mediante ese valor de esa distribución se puede obtener el valor de desviación normal estándar (Zr) y este a su vez está asociado a un nivel de confiabilidad (R).

Para obtener el valor de la Desviación Normal Estándar (Zr) relacionado a un nivel de confiabilidad (R), la AASTHO 93 proporciona los siguientes valores mostrados la tabla 60:

*Tabla 60*  
*Valores de la desviación estándar normal (ZR) para diversos grados de confiabilidad.*

<b>Confiabilidad (R) %</b>	<b>Desviación estándar normal (ZR)</b>
50	0,00
60	-0,235
70	-0,524
75	-0,674
80	-0,841
85	-1.037
90	-1.282
91	-1.340
92	-1.405
93	-1.476
94	-1.555
95	-1.645
96	-1.751
97	-1.881
98	-2.054
99	-2.327
99,9	-3.090
99,99	-3.750

*Fuente: (Corredor M., 2010, págs. 3-10)*

Como se tiene **un nivel de confiabilidad (R)** del 80%, entonces se tendrá un valor de **Desviación Normal Estándar (Zr) de -0.841**

Rangos de **Desviación Estándar Total (So)** para pavimentos flexibles:

*Tabla 61*

*Valores Recomendados para la Desviación Estándar Total (So).*

CONDICIÓN DE DISEÑO	DESVIACIÓN ESTANDAR TOTAL (So)	
	Pavimento Rígido	Pavimento Flexible
Variación en la predicción del comportamiento del pavimento sin errores en el tránsito	0.34	0.44
Variación en la predicción del comportamiento del pavimento con errores en el tránsito	0.39	0.49

*Fuente:* (Cordo, 2006, pág. 135)

Se toma un valor de **Desviación Estándar Total (So) de 0,49** para pavimentos flexibles.

### 6.3.1.5 Niveles de Serviciabilidad (Po y Pt).

La Serviciabilidad que tiene un pavimento se define como la capacidad de proveer las condiciones de seguridad y uniformidad al tránsito que circulara sobre la vía.

**Serviciabilidad Inicial (Po):** Es el índice que se basa de la calidad de construcción y del diseño del pavimento una vez que entre en servicio.

**Serviciabilidad Final (Pt):** Es el índice más bajo capaz de admitir un pavimento antes de que necesite rehabilitación a través de un refuerzo o reconstrucción

A continuación, los valores de serviciabilidad inicial y final recomendados por el método de la AASTHO 93 se indican en las tablas 62 y 63:

Tabla 62  
Serviciabilidad Inicial ( $P_o$ ).

<b>ÍNDICES DE SERVICIABILIDAD INICIAL (<math>P_o</math>)</b>	
Pavimento Rígido	4,5
Pavimento Flexible	4,2

Fuente: Guía AASTHO 93

Tabla 63  
Serviciabilidad Final ( $P_t$ ).

<b>ÍNDICES DE SERVICIABILIDAD FINA (<math>P_t</math>)</b>	
<b>Clasificación de la vía</b>	
Autopistas	3
Vías colectoras	2,5
Calles comerciales e industriales	2,25
Calles residenciales y estacionamientos	2

Fuente: Guía AASTHO 93

En base a las anteriores tablas se escogió para la vía Libertador Bolívar-Sitio Nuevo:  $P_o = 4,2$ , para pavimento flexibles y un  $P_t = 2,5$ , para vías colectoras.

Una vez establecidas ambos niveles de serviciabilidad, se procede a calcular la Pérdida del Índice de Serviciabilidad ( $\Delta PSI$ ) por medio de la ecuación:

$$\Delta PSI = P_o - P_t$$

$$\Delta PSI = 4,2 - 2,5$$

$$\Delta PSI = 1,7$$

### 6.3.1.6 Modulo Resiliente ( $M_r$ ).

Se debe calcular el Módulo Resiliente ( $M_r$ ) de la subrasante y para cada capa granular, ya sean estos de la subbase y de la capa base, y de ser necesario una capa de mejoramiento.

En la subrasante el método AASTHO 1993, se obtiene el módulo resiliente, que es un módulo de deformación dinámico del suelo, por medio de las siguientes ecuaciones:

Para suelos finos:

$$\text{Para } CBR \leq 7.2\% \quad MR = 1500 * CBR \text{ (psi)}$$

$$\text{Para } 7.2\% < CBR \leq 20\% \quad MR = 3000 * CBR^{0.65} \text{ (psi)}$$

$$\text{Para } CBR > 20\% \quad MR = 4326 * \ln CBR + 241 \text{ (psi)}$$

Estas ecuaciones están en función del CBR de diseño, el cual se lo obtuvo mediante los ensayos de laboratorio del suelo, y cuyo cálculo se lo especifica en el Anexo B. El CBR de la subrasante para el diseño de la estructura del pavimento flexible tradicional se lo obtiene de un promedio de los CBR del material granular existente, dando un CBR de diseño de **22 %**, debido que se proyecta colocar sobre este la estructura del pavimento que resulte del cálculo por el método AASHTO 93. Se consideró usar este CBR de diseño debido a que es una vía rural y no existe asentamiento poblacional colindante ni limitante de la cota de proyecto.

Aplicado a la formula indicada, se obtiene:

$$MR = 4326 * \ln CBR + 241 \text{ (psi)}$$

$$MR = 4326 * \ln (22) + 241 \text{ (psi)}$$

$$MR = 13613 \text{ (psi)}$$

El Módulo Resiliente de la subrasante (MR) adoptado en el presente diseño de la estructura del pavimento flexible tradicional de la vía Libertador Bolívar – Sitio Nuevo es **13613 psi**.

### **6.3.1.7 Coeficientes Estructurales.**

Para la vía Libertador Bolívar-Sitio Nuevo, para el diseño de la estructura del pavimento flexible, en cada una de sus respectivas capas tiene su coeficiente estructural ya sean estos en la capa de rodadura, base y subbase, los cuales representan la capacidad estructural del material para resistir a las deformaciones y cargas solicitantes.

En el método AASTHO 93, los valores de los coeficientes de capas se las obtienen a partir de unas series de correlaciones, como se indica a continuación:

- **Coefficiente estructural de capa de la carpeta asfáltica ( $a_1$ )**

Para este coeficiente se va asumir que el Módulo Elástico del Concreto Asfáltico  $E_{ac}$  de 380000 psi y por medio de este módulo se calcula el coeficiente estructural de capa asfáltica mediante la figura 74, dando como resultado  $a_1 = 0,41$

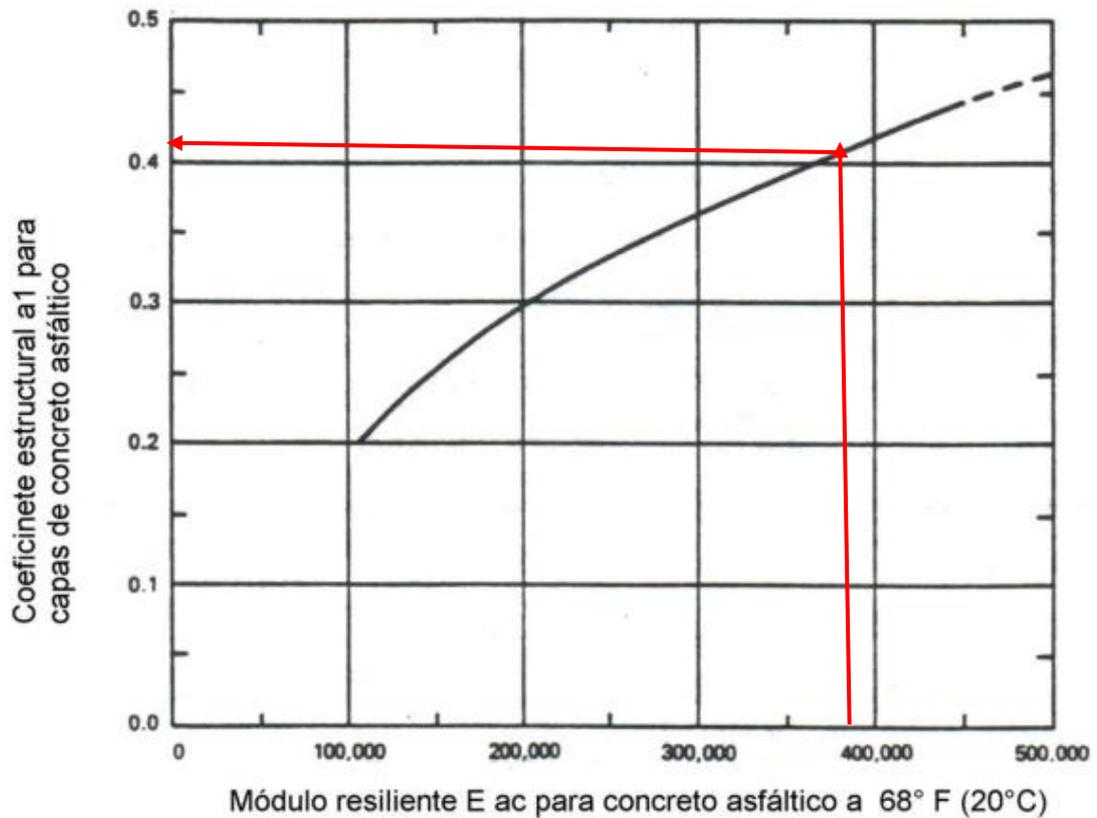


Figura 74 Gráfica para hallar el coeficiente de capa asfáltica  $a_1$  en función del módulo resiliente del concreto asfáltico.

Fuente: (Cordo, 2006, pág. 111)

- **Coefficiente estructural de capa de la base granular ( $a_2$ )**

Para encontrar el coeficiente estructural de capa de la base granular ( $a_2$ ), la norma AASTHO y el MTOP especifica que el valor de soporte CBR deberá ser igual o mayor del 80% y utilizando la figura 75 se traza una línea horizontalmente desde la línea vertical del lado derecho, en donde está el módulo resiliente ( $M_r$ ), hasta la línea vertical del lado izquierdo, en donde está el coeficiente estructural de la base ( $a_2$ ), de la intersección de esta línea se toma el valor de  $a_2 = 0,132$  y  $M_r = 28500$  psi

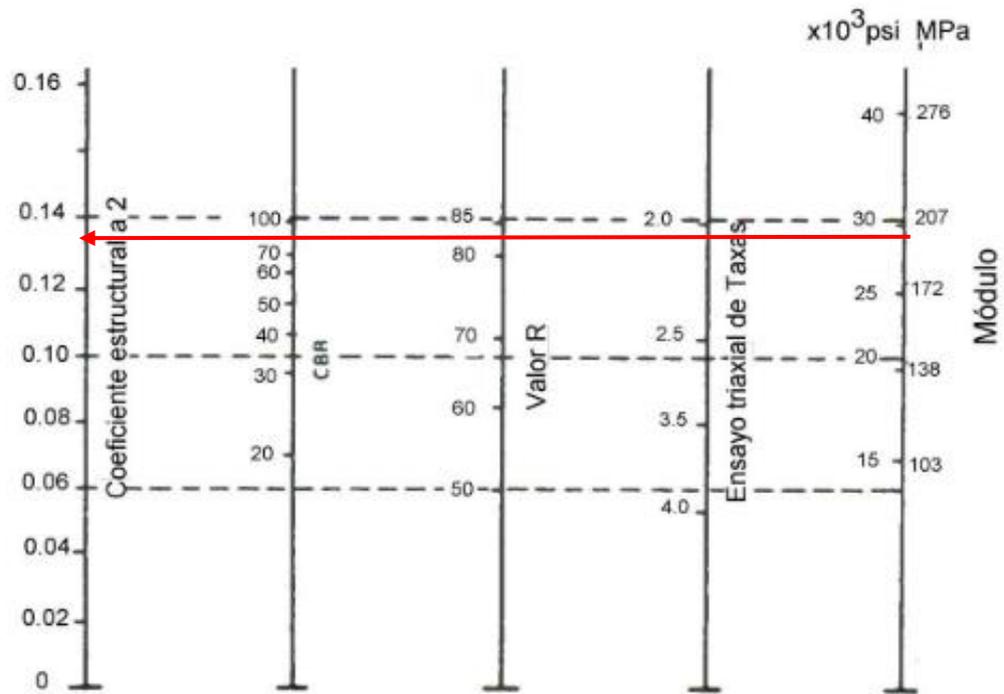


Figura 75 Variación de coeficiente estructural para base granular  $a_2$  con diferentes parámetros de resistencia.

Fuente: (Cordo, 2006, pág. 118)

- **Coeficiente estructural de capa para subbase granular ( $a_3$ )**

Para encontrar el coeficiente estructural de capa de la subbase granular ( $a_3$ ), la norma AASTHO y el MTOP especifica que el valor de soporte CBR deberá ser igual o mayor del 30% y utilizando la figura 76 se traza una línea horizontalmente desde la línea vertical del lado derecho, en donde está el módulo resiliente ( $M_r$ ), hasta la línea vertical del lado izquierdo, en donde está el coeficiente estructural de la subbase ( $a_3$ ), de la intersección de esta línea se toma el valor de  $a_3 = 0,11$  y  $M_r = 14900$  psi

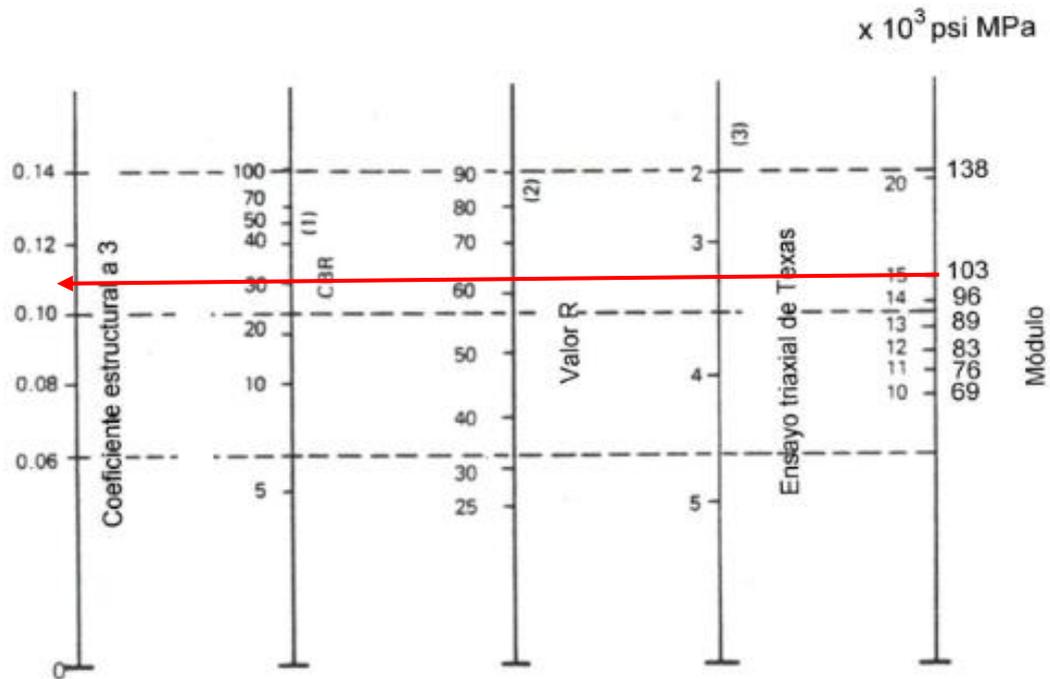


Figura 76 Variación del coeficiente estructural para subbase granular a3 con diferentes parámetros de resistencia.

Fuente: (Cordo, 2006, pág. 118)

### 6.3.1.8 Drenaje (mi).

Para un diseño de estructura del pavimento se debe considerar un factor muy importante como es el drenaje y el tiempo en el cual se espera que el pavimento va estar expuesto a niveles de humedad cercana a la saturación.

Los tiempos recomendados por la ASSTHO, están basados en el tiempo requerido para que la capa base pueda drenar hasta un grado de saturación del 50%, el criterio del 85% de saturación es el tiempo real usado para seleccionar una buena calidad de drenaje. La calidad del drenaje se enuncia en la fórmula del dimensionamiento (Números estructurales) por medio del uso de coeficientes de drenaje (mi) que afectan a las capas no ligadas. (Cordo, 2006)

Estos tiempos se muestran en la siguiente tabla 64:

Tabla 64  
Tiempo de drenaje para capas de drenaje.

Calidad de Drenaje	50% de Saturación en:	85% de Saturación en:
Excelente	2 horas	2 horas
Bueno	1 día	2 a 5 horas
Regular	1 semana	5 a 10 horas
Pobre	1 mes	Más de 10 horas
Muy pobre	(El agua no drena)	Mucho más de 10 horas

Fuente: (Coronado Iturbide, 2002, pág. 125)

Para escoger de los coeficientes de drenaje (mi) se debe estimar un tiempo de drenaje y calcular el porcentaje de tiempo en que el pavimento está expuesto a niveles de humedad cercana a la saturación.

Para este estudio se considerará una calidad de drenaje de **Regular** con un grado de saturación del **85%** y un tiempo de **5 a 10 horas** para que la capa base y subbase elimine la humedad.

Para el cálculo del tiempo en que el pavimento está expuesto a niveles cercanos a la saturación, la AASTHO propone la siguiente ecuación:

$$P = \frac{S + R}{365} \times 100$$

Donde:

**P**= porcentaje de tiempo en que el pavimento está próximo a la saturación

**S**= días de deshielo de primavera

**R**= días de lluvia si el pavimento puede drenar hasta 85% del grado de saturación en 24 horas o menos.

Para este estudio se tiene los siguientes datos para el cálculo del P:

**S= 0**, no hay deshielo en primavera ya que la vía de estudio se encuentra en el litoral ecuatoriano.

**R= 44** días de lluvia en un año, datos de la Estación Meteorológica Santa Elena- Universidad del (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología , 2017, pág. 113)

$$P = \frac{S + R}{365} \times 100$$

$$P = \frac{0 + 44}{365} \times 100$$

$$P = 12,05 \%$$

Una vez estimado el tiempo para drenaje de 5 a 10 horas y una calidad de drenaje Regular según la tabla 65. se usará un coeficiente de drenaje para un P= 12,05%, la AASTHO 93 recomienda que para valores de niveles de humedad cercanos a la saturación entre 5 a 25% sean de 1,00 a 0,80 según la tabla 65.

Para la vía Libertador Bolívar-Sitio Nuevo los coeficientes de drenaje escogidos serán para las capas de base, subbase y mejoramiento de:  $m_2 = 0,8$  y  $m_3 = 0,8$  respectivamente.

Tabla 65

Coeficientes de drenaje para pavimento flexible (mi) recomendados para bases y subbases granulares.

CALIDAD DEL DRENAJE	% del tiempo en que el pavimento está expuesto a niveles de humedad cercanos a la saturación			
	<1%	1-5%	5-25%	>25%
Excelente	1.40-1.35	1.35-1.30	1.30-1.20	1,20
Bueno	1.35-1.25	1.25-1.15	1.15-1.00	1,00
Aceptable	1.25-1.15	1.15-1.05	1.00-0.80	0,80
Pobre	1.15-1.05	1.05-0.80	0.80-0.60	0,60
Muy pobre	1.05-0.95	0.95-0.75	0.75-0.40	0,40

Fuente: (Coronado Iturbide, 2002, pág. 125)

### 6.3.2 Cálculos de Número Estructural (SN).

Siendo el Número Estructural (SN) un número abstracto, en donde se representa la resistencia estructural de un pavimento, para una combinación de condiciones dada de soporte del suelo (MR), condiciones del tránsito, de la variación de la serviciabilidad y condiciones ambientales durante la vida útil del pavimento.

Mediante la siguiente ecuación se obtiene el número estructural:

$$\text{Log } W_{18} = Z_r * S_o + 9.36 \text{ Log}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\text{Log} \left( \frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right)}{0.40 + \left( \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}} \right)} + 2.23 \text{ Log} MR - 8.07$$

**Donde:**

**SN**= Número estructural, pulgadas

**W18**= Número estimados de ejes equivalentes de 8.2 toneladas

**Zr**= Desviación estándar normal

**So**= Error estándar combinado de la pérdida de tránsito y de la predicción del comportamiento

**ΔPSI**= Diferencia entre el índice de servicio inicial (Po) y el final (Pt)

**MR**= Modulo resiliente

Para mayor precisión en el cálculo del número estructural (SN) se utilizó un programa de cálculo del número estructural SN desarrollada por el MSc. Luis R. Vázquez de la Universidad Nacional de Colombia indicada en la figura 77, que está en base a la ecuación AASTHO 1993, anteriormente mencionada, y en función a este se determinará las dimensiones de espesores de capa de la estructura de pavimento de la vía Libertador Bolívar-Sitio Nuevo, para unos 20 años de vida útil.

En la siguiente tabla 66 se describen todos los datos de entrada necesarios para el cálculo del número estructural (SN):

*Tabla 66*  
*Datos de entrada para el cálculo del Número Estructural (SN).*

<b>Datos de Entrada</b>	
ESAL'S (20 años)	125494
Confiability (R)	80%
Desviación Normal Estándar (Zr)	-0.841
Desviación Estándar (So)	0,49
Serviciabilidad Inicial (Po)	4,2
Serviciabilidad Final (Pt)	2,5
CBR de Diseño (subrasante)	22 %
Módulo Resiliente (Mr)	13613 psi

*Elaborado: Danny Zavala-César Zambrano.*

Figura 77 Cálculo del Número Estructural (SN).

Fuente: MSc. Luis R. Vázquez. Programa Cálculo Ecuación AASHTO 93

El Número Estructural (SN) calculado en función al Módulo Resiliente de la subrasante para la vía Libertador Bolívar – Sitio Nuevo se describe en la tabla 67 mostrada a continuación:

Tabla 67  
Resultado del Número Estructural (SN).

PERÍODO DE DISEÑO	SN
DISEÑO A 20 AÑOS	1,83

Elaborado: Danny Zavala- César Zambrano

Los valores calculados del Numero Estructural (SN) de la Base y Subbase granular respectivamente, usando el programa Ecuación AASTHO 93 se muestra a continuación, en las figuras 78 y 79:

**Ecuación AASTHO 93**

Tipo de Pavimento:  Pavimento flexible  Pavimento rígido

Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So): 80 % Zr=-0.841 So = 0.49

Serviciabilidad inicial y final: PSI inicial = 4.2 PSI final = 2.5

Módulo resiliente de la subrasante: Mr = 28500 psi

Información adicional para pavimentos rígidos:

Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi)  Coeficiente de transmisión de carga - (J)

Módulo de rotura del concreto - Sc (psi)  Coeficiente de drenaje - (Cd)

Tipo de Análisis:  Calcular SN  Calcular W18

W18 = 125494

Número Estructural: SN = 1.35

Botones: Calcular, Salir

*Figura 78 Número Estructural de la Base Granular.*

*Fuente: MSc. Luis R. Vázquez. Programa Cálculo Ecuación AASTHO 93*

**Ecuación AASTHO 93**

Tipo de Pavimento:  Pavimento flexible  Pavimento rígido

Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So): 80 % Zr=-0.841 So = 0.49

Serviciabilidad inicial y final: PSI inicial = 4.2 PSI final = 2.5

Módulo resiliente de la subrasante: Mr = 14900 psi

Información adicional para pavimentos rígidos:

Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi)  Coeficiente de transmisión de carga - (J)

Módulo de rotura del concreto - Sc (psi)  Coeficiente de drenaje - (Cd)

Tipo de Análisis:  Calcular SN  Calcular W18

W18 = 125494

Número Estructural: SN = 1.77

Botones: Calcular, Salir

*Figura 79 Número Estructural de la Subbase Granular.*

*Fuente: MSc. Luis R. Vázquez. Programa Cálculo Ecuación AASTHO 93*

### **6.3.3 Determinación de los espesores de la estructura del pavimento flexible por análisis de capas.**

De la ecuación de diseño se obtiene el número estructural (SN), que está en función del módulo resiliente de la subrasante, cuyo modulo se consigue mediante el CBR de diseño obtenido en laboratorio, el paso siguiente consiste en identificar un conjunto de capas cuyos espesores, convenientemente combinados, igualen o superen la capacidad portante del número estructural calculado (SN) a partir del módulo resiliente de la subrasante:

$$SN_{(\text{por capas})} \geq SN$$

**En donde:**

$$SN_{(\text{por capas})} = a_1d_1 + a_2d_2m_2 + a_3d_3m_3$$

**Siendo:**

$a_1, a_2, a_3$  = Coeficientes estructurales de las capas: rodadura, base y subbase.

$d_1, d_2, d_3$  = Espesores de las capas: rodadura, base y subbase en pulgadas

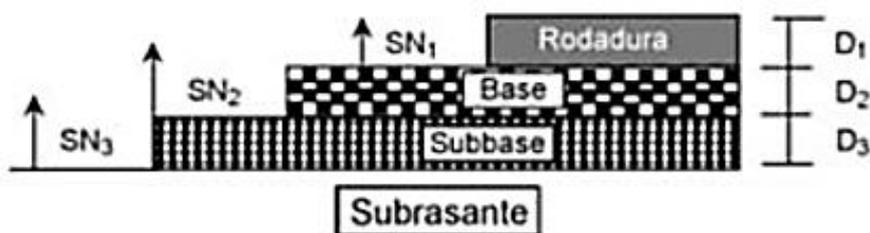
$m_2, m_3$  = Coeficiente de drenaje de las capas base y subbase.

Todos los datos necesarios para el cálculo de los espesores de capa del pavimento flexible, que se usarán en el método de análisis por capa se muestran a continuación en la tabla 68:

Tabla 68  
 Datos de estrada para el diseño de la estructura del pavimento.

Coefficiente de Capa	Coefficientes Estructurales (ai)	Coefficientes de Drenaje (mi)	Módulos Elásticos (psi)	Números Estructurales
Carpeta Asfáltica	0,41		380000	
Base	0,132	0,80	28500	1,35
Subbase	0,11	0,80	14900	1,77
Subrasante			13613	1,83

Elaborado: Danny Zavala- César Zambrano



$$\text{Capa 1: } D_1^* \geq \frac{SN_1}{a_1}$$

$$SN_1^* = a_1 \times D_1^* \geq SN_1$$

$$\text{Capa 2: } D_2^* \geq \frac{SN_2 - SN_1^*}{a_2 \times m_2}$$

$$SN_1^* + SN_2^* \geq SN_2$$

$$\text{Capa 3: } D_3^* \geq \frac{SN - (SN_1^* + SN_2^*)}{a_3 \times m_3}$$

- (1) a, D, m y SN se han definido previamente y son **valores mínimos** requeridos.  
 (2) Un asterisco en los valores D o SN indica que son valores realmente usados y que deben ser mayores o iguales que los valores requeridos.

Figura 80 Cálculo de los espesores de las capas usando la aproximación de “análisis de capas”.

Fuente: (Tapia García, s.f.)

No es económico ni práctico la colocación de capas de pavimentos de espesores muy delgadas o menor del mínimo requerido, la AASTHO propone usar valores de espesores mínimos para capas asfálticas y bases granulares en función del tránsito mostrada en la tabla 69.

Tabla 69  
Espesores mínimos, en pulgadas, en función de los ejes equivalentes.

TRÁNSITO, ESALS	CONCRETO ASFÁLTICO (D1)		BASE GRANULAR (D2)	
	Pulgadas	Centímetros	Pulgadas	Centímetros
	Menos de 50000	1 ó TS	2.5 ó TS	4
50001-150000	2	5	4	10
150001-500000	2.5	6.5	4	10
500001-2000000	3	7.5	6	15
2000001-7000000	3.5	9	6	15
Más de 700000	4	10	6	15

TS= tratamiento superficial

Fuente: (Tapia García, s.f.)

Una vez establecidos todos los datos de entrada, el diseño se realizará mediante un método denominado “Diseño por Análisis por Capas”, el procedimiento se muestra a continuación:

Se calcula el **Espesor de la Carpeta Asfáltica**, para esto se aplicó la ecuación de diseño AASTHO 93 y se obtuvo el número estructural  $SN_1 = 1,35$ , con el valor del Módulo Dinámico  $E_{ac}$  del concreto asfáltico se obtuvo un valor de  $a_1 = 0,41$ .

$$D_1 = \frac{SN_1}{a_1}$$

$$D_1 = \frac{1,35}{0,41}$$

$$D_1 = 3,293 \text{ pulg, adoptar } 3,5 \text{ pulg}$$

$$D_1^* = 3,5 \text{ pulg}$$

Se corrige el número estructural con el valor del espesor de la carpeta asfáltica adoptado:

$$SN_1^* = a_1 * D_1^*$$

$$SN_1^* = 0,41 * 3,5$$

$$SN_1^* = 1,435$$

$$SN_1^* \geq SN_1$$

$$1,435 \geq 1,35 \text{ OK.}$$

Se calcula el espesor de la Base Granular para esto se tiene:

$$a_2 = 0,132$$

$$m_2 = 0,80$$

$$SN_2 = 1,77$$

$$D_2 = \frac{SN_2 - SN_1^*}{a_2 * m_2}$$

$$D_2 = \frac{1,77 - 1,435}{0,132 * 0,80}$$

$$D_2 = \frac{0,335}{0,132 * 0,80}$$

$$D_2 = 3,172 \text{ pulg, adoptar } 3,5 \text{ pulg}$$

$$D_2^* = 3,5 \text{ pulg}$$

Como se puede observar el  $D_1^* = 3,5 \text{ pulg}$ , el espesor de la carpeta asfáltica está sobredimensionada esto derivaría en un diseño con costo muy altos, en este caso se adaptará un valor mínimo recomendado por la AASTHO para el espesor de la carpeta asfáltica en función al número de ejes equivalentes según la tabla 69, para nuestro diseño se asumen que:

$$D_1^* = 2,0 \text{ pulg}$$

$$SN_1^* = a_1 * D_1^*$$

$$SN_1^* = 0,41 * 2,0$$

$$SN_1^* = 0,82$$

Se recalcula el espesor de la Base Granular:

$$D_2 = \frac{SN_2 - SN_1^*}{a_2 * m_2}$$

$$D_2 = \frac{1,77 - 0,82}{0,132 * 0,80}$$

$$D_2 = \frac{0,95}{0,132 * 0,8}$$

$$D_2 = 8,996 \text{ pulg, adoptar 9 pulg}$$

$$D_2^* = 9,0 \text{ pulg}$$

Dado que el valor de  $D_2^* = 9,0 \text{ pulg}$  es mayor al valor mínimo que recomienda la AASTHO para base granular en función al número de ejes equivalentes, se considerará adoptar de:

$$D_2^* = 4 \text{ pulg}$$

A continuación, se calcula el número estructural con el valor del espesor de la Base Granular por medio de la ecuación:

$$SN_2^* = a_2 * m_2 * D_2^*$$

$$SN_2^* = 0,132 * 0,80 * 4$$

$$SN_2^* = 0,422$$

Se calcula el espesor de la Subbase Granular para esto se tiene:

$$a_3 = 0,11$$

$$m_3 = 0,80$$

$$SN_1^* = 0,82$$

$$SN_2^* = 0,422$$

$$D_3 = \frac{SN - (SN_1^* + SN_2^*)}{a_3 * m_3}$$

$$D_3 = \frac{1,83 - (0,82 + 0,422)}{0,11 * 0,80}$$

$$D_3 = \frac{0,588}{0,11 * 0,80}$$

$$D_3 = 6,682 \text{ pulg, adoptar 7 pulg}$$

$$D_3^* = 7 \text{ pulg}$$

A continuación, se calcula el número estructural con el valor del espesor de la Subbase Granular por medio de la ecuación:

$$SN_3^* = a_3 * m_3 * D_3^*$$

$$SN_3^* = 0,11 * 0,80 * 7$$

$$SN_3^* = 0,616$$

Se verifica sumando todos los valores de los SN corregidos por capas, debe cumplir la siguiente condición de la fórmula:

$$SN_{(\text{por capas})} \geq SN$$

$$SN_1^* + SN_2^* + SN_3^* \geq SN$$

$$0,82 + 0,422 + 0,616 \geq 1,83$$

$$1,858 \geq 1,83 \text{ Ok}$$

Como se pudo observar los valores de los estructurales de capa a capa, cumple con las condiciones necesarias para un diseño de estructura de pavimento adecuada.

*Tabla 70*  
*Estructura del pavimento flexible*

CAPAS	VARIABLE	ESPESORES DE CAPA	
Carpeta Asfáltica	D <sub>1</sub>	2 pulg	5 cm
Base Granular	D <sub>2</sub>	4 pulg	10 cm
Subbase Granular	D <sub>3</sub>	7 pulg	18 cm
Espesor total		13 pulg	33 cm
SN requerido			1,83
SN resultante			1,858
SN resultante ≥ SN requerido			

*Elaborado: Danny Zavala-César Zambrano*

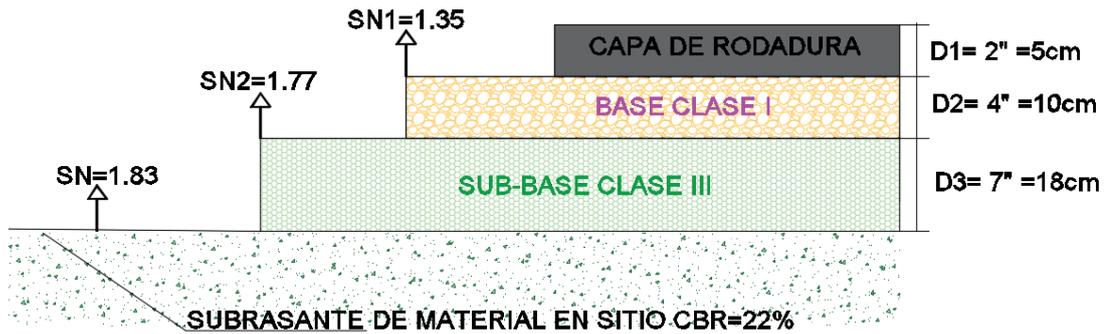


Figura 81 Espesores de capa de la estructura de pavimento tradicional

Fuente: Danny Zavala-César Zambrano

### 6.3.4 Determinación de los espesores de la estructura del pavimento flexible aplicando la base estabilizada con emulsión asfáltica.

Para el diseño del pavimento flexible con base estabilizada de la vía de estudio, se consideró el cálculo de un nuevo CBR de diseño, que se encuentra bajo la capa del material granular a estabilizar, cuyo CBR de diseño es 6% (ver anexo B) y un módulo de resiliente de:

$$M_r = 1500 \times 6 = 9000 \text{ Psi}$$

Usando el programa Ecuación AASTHO 93 calculamos el SN:

Figura 82 Cálculo del número estructural (SN) para el pavimento con base estabilizada con emulsión asfáltica.

Fuente: MSc. Luis R. Vázquez. Programa Cálculo Ecuación AASHTO 93

El Número Estructural (SN) calculado en función al Módulo Resiliente de la subrasante para el diseño de la estructura del pavimento flexible con base estabilizada con emulsión asfáltica para vía Libertador Bolívar – Sitio Nuevo se describe en la tabla 71 mostrada a continuación:

Tabla 71  
Resultado del número estructura (SN) para el pavimento con base estabilizada con emulsión asfáltica

PERÍODO DE DISEÑO	SN
DISEÑO A 20 AÑOS	2,16

Fuente: Danny Zavala-César Zambrano

Para este análisis se determinará el coeficiente estructural de la capa de base estabilizada con emulsión asfáltica (a2), se conoce que el valor de la estabilidad máxima Marshall de diseño calculado llegó a las 1185 lib.min.

Para lo cual se usará el siguiente nomograma de la figura 83, para determinar el coeficiente correspondiente a la base suelo-emulsión asfáltica, en función al módulo o estabilidad Marshall.

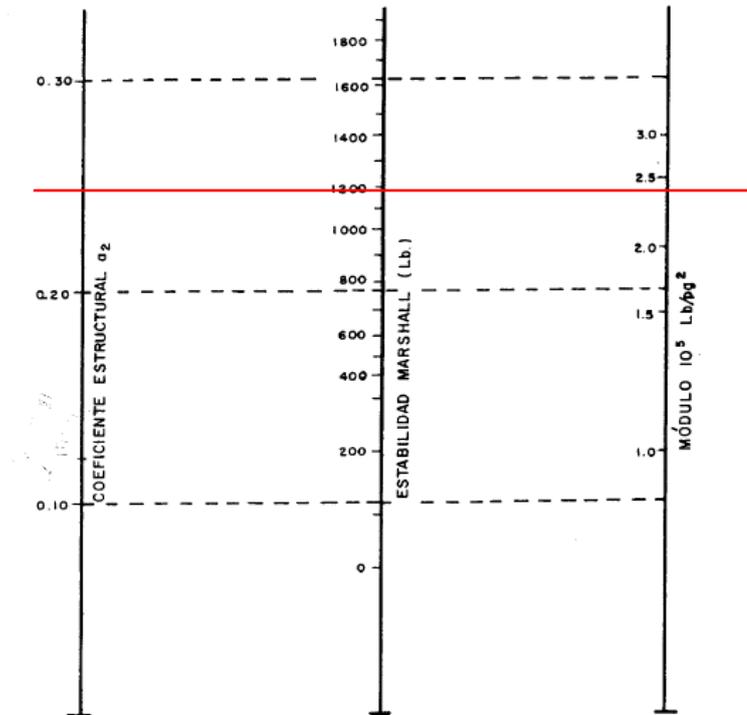


Figura 83 Variación del coeficiente  $a_2$  en bases tratadas con asfalto para diferentes parámetros de resistencia

Fuente: (Montejo Fonseca , 2002, pág. 273)

El coeficiente estructural  $a_2$  es 0,25

Para el cálculo del  $SN_1$  que se usará en el diseño del espesor de la capa base, se utiliza el módulo de la estabilidad Marshall de la Base estabilizada que fue 1185lb min que equivale un módulo a 240000 psi.

Usando el programa Ecuación AASTHO 93 calculamos el  $SN_1$ :

Figura 84 Número Estructural (SN1) de la capa de rodadura.

Fuente: MSc. Luis R. Vázquez. Programa Cálculo Ecuación AASHTO 93

Para el número estructural de base estabilizada se usó el  $Mr=240000$ psi como Módulo Resiliente.

Todos los datos necesarios para el cálculo de los espesores estructurales o de capa del pavimento flexible con base estabilizada que se usarán en el método de análisis por capa que muestran a continuación en la tabla 72.

Tabla 72

Datos de entrada para el diseño de la estructura del pavimento.

<b>Coefficiente de Capa</b>	<b>Coefficientes Estructurales (ai)</b>	<b>Coefficiente de Drenaje (mi)</b>	<b>Módulos Elásticos (psi)</b>	<b>Números Estructurales</b>
Carpeta asfáltica	0,41		380000	
Base Estabilizada	0,25		240000	0,38
Subrasante			9000	2,16

Elaborado: Danny Zavala – Cesar Zambrano

Cabe recalcar la Base Estabilizada con Emulsión Asfáltica, va a trabajar como una capa impermeable, es decir, sin capacidad de drenaje (como si fuera una capa

asfáltica), debido al asfalto que se encuentra en la emulsión cohesiona con los finos y gruesos del material granular y no permite que el agua sature la misma, por ende, no llevará un coeficiente de drenaje ( $m_i$ ), en el análisis por capas.

Una vez establecidos todos los datos de entrada, el diseño de pavimento flexible con base estabilizada se realizará mediante el método de “Diseño por Análisis por Capas”, el procedimiento se muestra a continuación:

Se calcula el **Espesor de la Carpeta Asfáltica**, con el número estructural ( $SN_1$ ) obtenido para la base estabilizada con el módulo resiente de la misma estabilización, y el espesor de la carpeta asfáltica quedaría de la siguiente manera:

$$D_1 = \frac{SN_1}{a_1}$$

$$D_1 = \frac{0,38}{0,41}$$

$$D_1 = 0,927 \text{ pulg, adopta } 1,0 \text{ pulg}$$

$$D_1^* = 1,0 \text{ pulg}$$

Se corrige el número estructural con el valor del espesor de la carpeta asfáltica adoptado:

$$SN_1^* = a_1 * D_1^*$$

$$SN_1^* = 0,41 * 1,0$$

$$SN_1^* = 0,41$$

$$SN_1^* \geq SN_1$$

$$0,41 \text{ pulg} \geq 0,38 \text{ pulg OK.}$$

Después se determina el espesor de la Base Estabilizada para esto se tiene:

$$a_2 = 0,25$$

$$SN_1^* = 0,41$$

$$SN = 2,16$$

$$D_2 = \frac{SN - SN_1^*}{a_2}$$

$$D_2 = \frac{2,16 - 0,41}{0,25}$$

$$D_2 = \frac{1,75}{0,25}$$

$D_2 = 7 \text{ pulg}$ , se adopta,

$$D_2^* = 7 \text{ pulg}$$

Dado que el valor de  $D_2^* = 7 \text{ pulg} = 18 \text{ cm}$  es menor que el espesor verificado en campo del material granular a estabilizar, que tiene un espesor en promedio de 20 cm, se considerará adoptar ese espesor de capa:

$$D_2^* = 20 \text{ cm} = 8 \text{ pulg}$$

A continuación, se calcula el número estructural con el valor del espesor de la Base Estabilizada con emulsión asfáltica por medio de la ecuación:

$$SN_2^* = a_2 * D_2^*$$

$$SN_2^* = 0,25 * 8$$

$$SN_2^* = 2,0$$

Se verifica sumando los valores de los números estructurales  $SN^*$  y debe cumplir con la condición de la fórmula:

$$SN_{(\text{por capas})} \geq SN$$

$$SN_1^* + SN_2^* \geq SN$$

$$0,41 + 2,0 \geq 2,16$$

$$2,41 \geq 2,16 \text{ Ok}$$

Como se pudo observar los valores de los números estructurales quedan controlados capa a capa y cumple con las condiciones necesarias para el diseño de la estructura de pavimento flexible con base estabilizada.

A continuación, se procede a mostrar en la tabla 73, la estructura del pavimento con base estabilizada para la vía Libertador Bolívar – Sitio Nuevo.

Tabla 73  
Espesores constructivos del diseño de pavimento flexible con base estabilizada

CAPAS	VARIABLE	ESPESORES DE CAPA	
Carpeta Asfáltica	D <sub>1</sub>	1 pulg	2,5 cm
Base Estabilizada con Emulsión Asfáltica	D <sub>2</sub>	8 pulg	20 cm
Espeor total		9 pulg	22,5 cm
SN requerido			2,16
SN resultante			2,41
SN resultante ≥ SN requerido			

Elaborado: Danny Zavala-César Zambrano



Figura 85 Espesores de capa de la estructura de pavimento con base estabilizada con emulsión asfáltica

Fuente: Danny Zavala-César Zambrano

Luego del análisis capa a capa de la estructura del pavimento con base estabilizada, se elegirá el más rentable, según el análisis de costos que se mostrará en el capítulo VII.

## **CAPÍTULO VII**

### **ANÁLISIS DE COSTOS.**

#### **7.1 Análisis de costo**

El análisis de costo de un proyecto es primordial en la planificación constructiva, a través del cual se pretende una cuantificación económica y financiera, y conocer la mejor alternativa a ejecutarse.

La estimación de costos es aproximada, específica de la obra y tiempo sufre cambios en la ejecución y cambios por precios de mercado.

##### **7.1.1 Costo por m<sup>2</sup> de construcción vial.**

Para obtener el costo por metro cuadrado de construcción de obra vial tanto en el método tradicional (Subbase clase III, Base clase I y Carpeta Asfáltica e=2”) y estabilizando el material de sitio (Base Estabilizada con emulsión asfáltica y Carpeta Asfáltica e=1”). Se realizarán el análisis correspondiente para el cálculo, en base a costos directos e indirectos.

##### **7.1.2 Costos de Equipos y Herramientas.**

Para conocer de los costos de equipos y herramientas a utilizar en el análisis del proyecto se usarán como referencias los precios del mercado correspondiente a alquileres de maquinarias de obras civiles a esta fecha.

##### **7.1.3 Costos de Mano de Obra.**

Para conocer los salarios mínimos del personal como servicios técnicos y arquitectónicos, la información se la tomará de la Contraloría General del Estado para la construcción, en la tabla de remuneración básica unificada mínima año 2018, con estos datos se realizará el análisis correspondiente.

#### **7.1.4 Costos de Materiales.**

Para conocer los costos de materiales sería de gran ayuda acudir a los precios establecidos actuales que se generan en el mercado de la construcción tomando en cuenta las especificaciones técnicas del proyecto.

#### **7.1.5 Costos de Transporte.**

Para conocer el costo de transporte será de gran ayuda acudir a precios actuales que se generan en el mercado de la construcción, considerando este precio en m<sup>3</sup>-Km.

### **7.2 Análisis Comparativo Costo / Beneficios.**

Para llevar a cabo este análisis comparativo de costos entre los dos diseños, se tomaron en cuenta únicamente los costos de obra vial que componen la estructura de pavimento, obteniéndose el costo total de pavimentación por metro cuadrado y, por consiguiente, concluyendo con la mejor alternativa.

#### **7.2.1 Análisis de Precios Unitarios (APU).**

El análisis de precios unitarios (APU), es un cálculo matemático en el cual se obtiene los costos de cada rubro de trabajo por unidad de medida a utilizar en el proyecto, donde se determina los costos de equipos y herramientas, mano de obra, materiales y transporte.

Un análisis de precios unitarios descompone el precio de sus componentes, un ejemplo de presentación de la plantilla a utilizar se muestra a continuación.

Tabla 74  
Formato para Análisis de Precios Unitarios.



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA  
FACULTAD DE CIENCIA DE LA INGENIERIA  
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL**



**PROYECTO:** ESTUDIO DE SUELO Y ESTABILIZACION DEL MATERIAL GRANULAR EXISTENTE CON EMULSION ASFALTICA PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA VIA LIBERTADOR BOLIVAR - SITIO NUEVO DE LONGITUD= 5KM.

**UBICACIÓN:** CANTON SANTA ELENA, PROVINCIA DE SANTA ELENA

<b>ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>
--------------------------------------

**RUBRO:**

No.

<b>UNIDAD</b>	
<b>RENDIMIENTO</b>	U/H

M.- EQUIPO	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	$C=A*B$	R	$D=C*R$
<b>SUBTOTAL M</b>					

N.- MANO DE OBRA	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	$C=A*B$	R	$D=C*R$
<b>SUBTOTAL N</b>					

O.- MATERIALES	UNIDAD	PRECIO UNIT.	CANTIDAD	COSTO
		B	A	$C=A*B$
<b>SUBTOTAL O</b>				

P.- TRANSPORTE	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
		A	B	$C=A*B$
<b>SUBTOTAL P</b>				

<b>Q.- COSTO UNITARIO DIRECTO (M+N+O+P)</b>	
<b>R.- INDIRECTOS Y UTILIDADES</b>	<b>Q</b>
<b>S.- OTROS INDIRECTOS</b>	<b>0%</b>
<b>T.- COSTO TOTAL DEL RUBRO (Q+R+S)</b>	

<b>U.- COSTO UNITARIO PROPUESTO</b>	
-------------------------------------	--

Elaborado: Danny Zavala-César Zambrano

En la planilla elaborada se puede apreciar el nombre del rubro con su respectiva unidad de trabajo.

Después se describen las distribuciones de los costos directos en sus componentes:

- Equipos y herramientas
- Mano de obra
- Materiales
- Transporte

En su parte inferior de resume el total calculado de los costos directos y sus costos indirectos.

El costo indirecto se distribuyó de la siguiente manera:

- Imprevistos: 5% (del costo directo)
- Gastos Administrativos: 10% (del costo directo)
- Utilidades: 10% (del costo directo)

### **7.2.2 Costo comparativo - económico para las dos alternativas de estructura de pavimento.**

El presupuesto general de diseño es el resultado de la multiplicación de los costos unitarios por la cantidad para cada rubro seleccionado, para el diseño de pavimento flexible mediante las dos alternativas de pavimentación.

El proyecto diseñado para este trabajo de investigación, se evalúan y analizan el costo de obra vial para cada diseño mencionada anteriormente, de los cuales se obtuvieron los siguientes costos por construcción.

- Estructura del pavimento método tradicional.

MEMORIA DE CÁLCULOS DE ÁREAS Y VOLÚMENES								
RUBRO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	LARGO	ANCHO	ALTURA	SUBTOTAL	TOTAL
<b>01.00 OBRA VIAL</b>								
01.01	RECONFORMACIÓN Y COMPACTACIÓN DEL MATERIAL GRANULAR EXISTENTE	m3						<b>6000</b>
			1.00	5000	6	0.20	6000	
01.02	BASE CLASE I	m3						<b>3000</b>
			1.00	5000	6	0.10	3000	
01.03	TRANSPORTE DE BASE CLASE I	m3-km						<b>465000</b>
	Distancia a cantera San Luis= 155 Km		3000		155		465000	
01.04	SUB-BASE CLASE III	m3						<b>5400</b>
			1.00	5000	6	0.18	5400	
01.05	TRANSPORTE DE SUB-BASE CLASE III	m3-km						<b>297000</b>
	Distancia a cantera San Vicente=55 Km		5400		55		297000	
01.06	CAPA DE RODADURA DE HORMIGON ASFALTICO MEZCLADO EN PLANTA E= 2". (INC. IMPRIMACIÓN Y TRANSPORTE)	m2						<b>30000</b>
			1.00	5000	6	-	30000	

Elaborado: Danny Zavala-César Zambrano

Tabla75

Costo por metro cuadrado de pavimento tradicional

PAVIMENTO FLEXIBLE e=2" CON BASE CLASE I Y SUBBASE CLASE III					
RUBRO	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
<b>01.00 OBRA VIAL</b>					
01.01	RECONFORMACIÓN Y COMPACTACIÓN DEL MATERIAL GRANULAR EXISTENTE	m3	0,20	\$ 4,52	\$ 0,90
01.02	BASE CLASE I	m3	0,10	\$ 17,43	\$ 1,74
01.03	TRANSPORTE DE BASE CLASE I	m3-km	15,50	\$ 0,10	\$ 1,55
01.04	SUB-BASE CLASE III	m3	0,18	\$ 12,42	\$ 2,24
01.05	TRANSPORTE DE SUB-BASE CLASE III	m3-km	9,90	\$ 0,15	\$ 1,49
01.06	CAPA DE RODADURA DE HORMIGON ASFALTICO MEZCLADO EN PLANTA E= 2". (INC. IMPRIMACIÓN Y TRANSPORTE)	m2	1,00	\$ 9,22	\$ 9,22
<b>Costo por m2</b>					<b>\$ 17,14</b>

Elaborado: Danny Zavala-César Zambrano

Tabla76  
Costo total de la estructura del pavimento tradicional

PAVIMENTO FLEXIBLE e=2" CON BASE CLASE I Y SUBBASE CLASE III					
RUBRO	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
<b>01.00 OBRA VIAL</b>					
01.01	RECONFORMACIÓN Y COMPACTACIÓN DEL MATERIAL GRANULAR EXISTENTE	m3	6.000,00	\$ 4,52	\$ 27.120,00
01.02	BASE CLASE I	m3	3.000,00	\$ 17,43	\$ 52.290,00
01.03	TRANSPORTE DE BASE CLASE I	m3-km	465.000,00	\$ 0,10	\$ 46.500,00
01.04	SUB-BASE CLASE III	m3	5.400,00	\$ 12,42	\$ 67.068,00
01.05	TRANSPORTE DE SUB-BASE CLASE III	m3-km	297.000,00	\$ 0,15	\$ 44.550,00
01.06	CAPA DE RODADURA DE HORMIGON ASFALTICO MEZCLADO EN PLANTA E= 2". (INC. IMPRIMACIÓN Y TRANSPORTE)	m2	30.000,00	\$ 9,22	\$ 276.600,00
<b>Costo Total</b>					<b>\$ 514.128,00</b>

Elaborado: Danny Zavala-César Zambrano

El análisis de precios unitarios de cada rubro se ilustra en los anexos C de este trabajo de investigación.

- **Estructura del pavimento con base estabilizada con emulsión asfáltica.**

MEMORIA DE CÁLCULOS DE ÁREAS Y VOLÚMENES								
RUBRO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	LARGO	ANCHO	ALTURA	SUBTOTAL	TOTAL
<b>01.00 OBRA VIAL</b>								
01.01	BASE DE MATERIAL EN SITIO Y ESTABILIZADO CON 5,86% DE EMULSION ASFALTICA TIPO CSS-1h (mezclado y compactación)	m3						<b>6000</b>
			1.00	5000	6	0.20	6000	
01.02	CAPA DE RODADURA DE HORMIGON ASFALTICO MEZCLADO EN PLANTA E= 1". (INC. IMPRIMACIÓN Y TRANSPORTE)	m2						<b>30000</b>
			1.00	5000	6	-	30000	

Elaborado: Danny Zavala-César Zambrano

Tabla77

Costo por metro cuadrado de pavimento con base estabilizada

PAVIMENTO FLEXIBLE e=1" CON BASE ESTABILIZADA CON EMULSION ASFALTICA TIPO CSS-1h					
RUBRO	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
<b>01.00 OBRA VIAL</b>					
01.01	BASE DE MATERIAL EN SITIO Y ESTABILIZADO CON 5,86% DE EMULSION ASFALTICA TIPO CSS-1h (mezclado y compactación)	m3	0,20	\$ 62,71	\$ 12,54
01.02	CAPA DE RODADURA DE HORMIGON ASFALTICO MEZCLADO EN PLANTA E= 1". (INC. IMPRIMACIÓN Y TRANSPORTE)	m2	1,00	\$ 4,80	\$ 4,80
<b>Costo por m2</b>					<b>\$ 17,34</b>

Elaborado: Danny Zavala-César Zambrano

Tabla78

Costo total de la estructura del pavimento con base estabilizada

PAVIMENTO FLEXIBLE e=1" CON BASE ESTABILIZADA CON EMULSION ASFALTICA TIPO CSS-1h					
RUBRO	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
<b>01.00 OBRA VIAL</b>					
01.01	BASE DE MATERIAL EN SITIO Y ESTABILIZADO CON 5,86% DE EMULSION ASFALTICA TIPO CSS-1h (mezclado y compactación)	m3	6.000,00	\$ 62,71	\$ 376.260,00
01.02	CAPA DE RODADURA DE HORMIGON ASFALTICO MEZCLADO EN PLANTA E= 1". (INC. IMPRIMACIÓN Y TRANSPORTE)	m2	30.000,00	\$ 4,80	\$ 144.000,00
<b>Costo Total</b>					<b>\$ 520.260,00</b>

Elaborado: Danny Zavala-César Zambrano

El análisis de precios unitarios de cada rubro se ilustra en los anexos C de este trabajo de investigación.

De las tablas mostradas se puede observar que el análisis por m2 de la estructura del pavimento tradicional se determinó en \$17,14 y se concluye que es un poco más económico comparado con el costo del metro cuadrado de la estructura del pavimento con base estabilizada con emulsión asfáltica que es de \$17,34, teniendo un ahorro de \$0,20 por metro cuadrado de construcción vial.

## CAPÍTULO VIII

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

#### 8.1 Conclusiones.

- De acuerdo al Estudio de Tráfico en la vía Libertador Bolívar – Sitio Nuevo, se concluye que el ESAL´S para el período de diseño es de 125494 Ejes equivalentes de 8,2 Toneladas.
- El material granular existente de la Libertador Bolívar-Sitio Nuevo, según el análisis granulométrico no cumple con las exigencias de graduación de las Normas de Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO) para Base Granular.
- En la realización de los ensayos de laboratorio, se determinaron las propiedades mecánicas del material granular a estabilizar de la vía Libertador Bolívar-Sitio Nuevo, se concluyó en base al análisis granulométrico que la mejor clasificación posible que se aproximó para los agregados fue la Base Estabilizada con Emulsión Asfáltica Tipo A, de acuerdo las Normas de Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO).
- El desgaste o abrasión de los Ángeles de los agregados del material granular fue en promedio del 15,5% que es menor al permitido para estos materiales que es de 40% como máximo de acuerdo las Normas de Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO).
- El material existente posee características muy plásticas, con un índice de plasticidad en promedio de 7%, que está sobre el permitido para estos materiales que de 4% como máximo de acuerdo las Normas de Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO). Sin embargo, esta condición no impide la estabilización con emulsión asfáltica ya que la propiedad del equivalente de arena dará el valor del contenido de polvo masivo o material arcilloso del

material a estabilizar y cuyo valor es del 35,62%, que esta sobre el permitido para estos materiales que es del 35% como mínimo.

- Utilizando la emulsión asfáltica Catiónica de Rotura Lenta CSS -1h, para la estabilización del material granular existente de la vía Libertador Bolívar – Sitio Nuevo, dio valores de estabilidad Marshall de 1185 libras minuto y de flujo de 14,6 (1/100”), se concluye que se superó en mucho a los valores mínimos establecidos por las Normas de Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO) para bases estabilizadas con emulsión asfáltica cuyos valores son para estabilidad de 750 libras minuto y de flujo entre 5-18 (1/100”).
- El empleo de bases estabilizadas con emulsión asfáltica es una gran alternativa para la pavimentación de vías y brinda la oportunidad de optimizar recursos con las ventajas de:
  - Disminución del espesor de la carpeta asfáltica.
  - La aplicación de la emulsión asfáltica se lo realiza a temperatura ambiente.
  - Disminuye el impacto ambiente, no libera ningún gas de hidrocarburo a la atmósfera.
- Diseñada la estructura del pavimento flexible tradicional para la vía Libertador Bolívar-Sitio Nuevo, comparada al diseño de la estructura de pavimento con base estabilizada, se concluye que hay una clara disminución del espesor de capa de la carpeta asfáltica y la eliminación de la capa de la subbase. Además, para los dos diseños se consideró un CBR de la subrasante distinto en ambos casos:
  - CBR de la subrasante para el pavimento tradicional es de 22%, que a su vez es el CBR del material granular existente, se optó por este CBR debido a que el material granular se encuentra compactado y consolidado por el paso diario de los vehículos, y además para evitar el costo que conlleva la excavación de dicho material.
  - CBR de la subrasante para el pavimento con base estabilizada con emulsión asfáltica es de 6%, que se encuentra bajo la capa del material granular a

estabilizar, debido a que allí se asentará las capas de la estructura del pavimento con base estabilizada con emulsión asfáltica.

- Se concluye que la estabilización del material granular existente con emulsión asfáltica de la vía Libertador Bolívar-Sitio Nuevo, para el diseño del pavimento flexible con base estabilizada con emulsión asfáltica tendrá como parámetros de diseño una estabilidad de 1185 libras minuto, además un porcentaje óptimo de emulsión asfáltica de 5,86% y de agua añadida de 7,28%.
  
- El costo del metro cuadrado de la estructura del pavimento tradicional se determinó en \$17,14 y se concluye que es un poco más económico comparado con el costo del metro cuadrado de la estructura del pavimento con base estabilizada con emulsión asfáltica que es de \$17,34, teniendo un ahorro de \$0,20 por metro cuadrado de construcción vial.
  
- El costo total del presupuesto de obra vial de la estructura del pavimento tradicional se determinó en \$514.128,00, y se concluye que es un poco más económico comparado con el presupuesto del costo total de la estructura del pavimento con base estabilizada con emulsión asfáltica que es de \$520.260,00, teniendo un ahorro de \$6.132,00 del costo total de construcción vial.
  
- Como se puede observar el valor es muy similar en los dos casos. Los precios pueden variar en función de la negociación que se haga tanto del transporte que predomina en la estructura del pavimento tradicional y la emulsión asfáltica que predomina en la estructura el pavimento con base estabilizada.

## 8.2 Recomendaciones.

- Realizar más investigaciones sobre esta técnica de estabilización de materiales granulares con emulsiones asfáltica en la provincia de Santa Elena, debido a que es un procedimiento muy aceptado para el mejoramiento de bases para pavimentos.
- Realizar el ensayo del residuo asfáltico de la emulsión asfáltica, para obtener el valor real de su composición, es decir el porcentaje de asfalto y agua que contiene la emulsión.
- Al momento de la realización del diseño de mezclas del material granular con emulsión asfáltica en el laboratorio, es de mucha importancia la toma de la humedad natural del material un día antes del mezclado, debido a que esto influye directamente a la cantidad de agua a añadir, además siempre se debe considerar los pesos secos del material, todo esto influirá en que los resultados finales sean confiables y satisfactorios.
- Asegurarse de trabajar con un material que cumpla con todos los requerimientos del Ministerio de Transporte y Obras Públicas para bases estabilizadas con emulsión asfálticas, debido a que, si es un material de alta plasticidad y un porcentaje elevado de arcilla, se deberá optar por otro material estabilizante como es el cemento o cal.

## Referencias Bibliográficas.

- AASHTO. (1993). *DISEÑO DE PAVIMENTOS*. Desing Procedures for new pavements.
- Almeida Navarrete, F. J., & Sánche Quintero, E. A. (2011). *Estabilización de suelos con el uso de emulsiones asfálticas catiónicas de rotura lenta. Caso de estudio vía Las Mercedes - Puerto Nuevo, Provincia Santo Domingo de Los Tsáchilas*. Quito: Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Asociación de Artesanos, C. (2012). *Proyecto Productivo Sitio Nuevo*. Santa Elena: Artes Cerro Grande.
- ASPHALT INSTITUTE, A. (2001). *Manual Básico de Emulsiones Asfálticas, MS N° 19S*. Lexington: Publitation Task Force de la AEMA.
- Baque Dominguez , E. J., & Lema Cefla, J. C. (2013). *Plan de Gestion de Riesgo Geológicos y de Infraestructuras para la Población de Monteverde desde el análisis estructural del complejo de gas Monteverde*. La Libertad: Universidad Estatal Peninusa de Santa Elena.
- BRAVO CASTRO, J. D., & JALON VILLAGRAN, E. E. (2016). *ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA EL TRAZADO DE LA CARRETERA SACACHÚN-LA CIENEGA, AL SUR DE LA PROVINCIA DE SANTA ELENA. GUAYAQUIL*.
- Calidonio Molina, E. D., Carrillo Calderón, S. D., & Meléndez Contreras, C. B. (2010). *Diseño de mezcla suelo-agregado-emulsión como alternativa para mejoramiento de caminos de bajo volumen de tránsito*. Santa Ana: Universidad de El Salvador.
- Ccora Montes, J., & Montenegro Santacruz, H. (2011). *Estudio comparativo del mejoramiento de la base aplicando estabilizadores: emulsión asfáltica, cal y cemento-carretera Cañete - Chupaca: Tramo km 152+000- 158+000*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Clima e Hidrologia. (2012). *Generacion de Geoinformacion para la gestion del territorio a nivel Nacional Escala 1:25000*. Santa Elena: Instituto Espacial Ecuatoriano.
- Concreto, M. d. (s-). *Capítulo V- Metodología de la AASHTO*.
- Cordo, O. V. (2006). *Diseño de Pavimentos (AASHTO-93)*. La Paz: Escuela de Caminos de Montaña de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional San Juan.
- Coronado Iturbide, J. (2002). *Manual Centroamericano para Diseño de Pavimento*. Guatemala: La SIECA.

- CORREDOR M, G. (2010). *Maestría en Vías Terrestres Modulo III Diseño de Pavimentos I*. Managua.
- Corredor M., G. (2010). *Experimento Vial de la AASHTO y las Guías de Diseño AASHTO*. Nicaragua: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Crespo Villalaz, C. (2004). *Mecánica de suelos y cimentaciones*. México D.F.: Limusa.
- Das, B. M. (1985). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica*. California: Thomson Learning.
- Eguez , A., Alvarado, A., Yepes , H., Machette, M. N., Costa , C., & Dart, R. L. (2003). *Database and Map of Quaternary faults and folds of Ecuador and its offshore regions*. San Luis: USGS.
- García, A. L. (2012). Concepto de pavimento. Equipo de colaboradores y profesionales de la revista ARQHYS.com. *Revista ARQHYS*, 1.
- Geordani, C., & Leone, D. (2005). *Pavimentos*. Rosario: Universidad Tecnológica Nacional.
- González Escobar, W., Jiménez Angulo, M. E., & López Cornejo, R. J. (2007). *GUIA BASICA PARA EL USO DE EMULSIONES ASFALTICAS*. San Salvador: UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR.
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología , I. (2017). *Anuario Metreorológico Nro. 53-2013*. Quito: Dirección Ejecutiva del INAMHI.
- Juárez Badillo, E., & Rico Rogríguez, A. (2005). *Mecánica de Suelos Tomo 1, Fundamentos de la Mecánica de Suelos*. México D.F.: Limusa.
- Londa Cañar , B. F., & Maisincho Yunga, L. M. (2016). *Estudio comparativo de método colombiano y la NEVI-12, para vías de bajo volumen de tránsito, con subrasante de la mina Chocarsi*. Cuenca: Universidad de Cuenca.
- LOZADA MOYA, J. A. (2018). *Diseño Vial y Comparativo Técnico Económico entre Pavimento Flexible (Asfáltico) y Pavimento Semiflexible (Adoquinado)*. Quito.
- Mercado, R., Bracho , C., & Avedaño, J. (2008). *Emulsiones Asfálticas Usos-Rompimiento*. Mérida: Universidad de los Andes.
- MINAYA, & ORDOÑEZ. (2014). *ESTUDIO DE TRÁNSITO PARA DISEÑO*. PERU.
- Montejo Fonseca , A. (2002). *Ingeniería de Pavimento para Carreteras*. Bogotá: Stella Valbuena de Fierro.
- Monzalve Escobar , L. M., Giraldo Vasquez, L. C., & Maya Gaviria, J. (2012). *Diseño de pavimento flexible y rígido*. Armenia: Universidad del Quindío.

- Morales Cárdenas, P. J., Chávez Arévalo, O., & López Poveda, L. (2009). *Efectos de la alta compactación de la capa base en pavimentos flexibles*. Managua: Universidad Nacional de Ingeniería.
- MTOP. (2002). *Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes*. Quito: Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones.
- MTOP. (2003). *NORMAS DE DISEÑO GEOMETRICO DE CARRETERAS. ECUADOR*.
- NARANJO ROMO, M. F. (2015). *ESTUDIO Y DISEÑO DE LA VIA "COMUNA JUNTAS DEL PACIFICO-LA FRUTILLA, DESDE JUNTAS DEL PACIFICO HASTA "Y" DE LA FAMILIA ANIBAL BORBOR" DE LA PROVINCIA DE SANTA ELENA. ECUADOR*.
- NEVI-12-MTOP, N. E. (2013). *NORMAS PARA ESTUDIOS Y DISEÑOS VIALES. QUITO*.
- PD y OT GADPR Manglaralto, E. T. (2014). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia Rural Manglaralto*. Santa Elena: GESTIONADMI.
- Quiroz Vargas, W. F. (2017). *Comparación entre la estabilización de suelos con emulsión asfáltica, y la estabilización de suelos con asfalto y diésel para determinar cuál estabilización proporciona mayor densidad aparente y relación de soporte CBR*. Ambato: Universidad Técnica de Ambato.
- Rodríguez Talavera, R., Castaño Meneses, V. M., & Martínez Madrid, M. (2001). *Emulsiones Asfálticas*. México D.F.: Instituto Mexicano del Transporte.
- Rosero Alvarado, F. (2013). *Base Estabilizada con Emulsión Asfáltica para pavimentos( Aplicación calle Nogales parroquia Nayón L=1km)*. Quito: Universidad Central del Ecuador.
- Sanchez Sabogal, F. (2005). *Materiales para Base y Subbase*. Bogotá: Conferencia Magistral, Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, Facultad de Ingeniería Civil.
- Tapia García, M. Á. (s.f.). *Pavimentos*. México D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Torres García, A. I. (s.f.). *Propuesta metodológica para la evaluación y mejoramiento, con emulsión asfáltica y/o cemento, de los materiales granulares existentes en las vías terciarias*. Bogotá: Ingeniería Civil.
- Valencia Robles, J. I. (2017). *Análisis Hidrogeológico de la cuenca del río Manglaralto para la caracterización de sus sistemas acuíferos*. Guayaquil: ESPOL.

**Anexos.**

*ANEXO A Aforo Vehicular.*

*ANEXO B Estudios de Suelos.*

*ANEXO C Análisis de Precios Unitarios.*

# Anexo A



CONTEO DE TRAFICO VEHICULAR											
UBICACIÓN:		LIBERTADOR BOLIVAR - SITIO NUEVO									
DIA:		MARTES									
FECHA:		04 SEPTIEMBRE DEL 2018									
TIEMPO DE CONTEO:		12 HORAS									
HORAS	MOTOS	LIVIANOS	CAMIONES				TRACTO CAMION	TOTAL DE VEHICULOS	% TOTAL		
			2D	2DA	2DB	3A					
6:00 AM	15	5	1	0	0	0	0	21	6,73		
7:00 AM	27	12	2	0	2	0	0	43	13,78		
8:00 AM	23	8	2	2	0	2	0	37	11,86		
9:00 AM	12	4	3	0	0	0	0	19	6,09		
10:00 AM	9	14	4	0	0	0	0	27	8,65		
11:00 AM	11	10	3	0	0	0	0	24	7,69		
12:00 PM	8	13	1	0	0	0	0	22	7,05		
13:00 PM	10	7	1	0	0	0	0	18	5,77		
14:00 PM	11	9	1	0	0	0	0	21	6,73		
15:00 PM	14	10	3	0	0	0	0	27	8,65		
16:00 PM	21	6	2	0	0	0	0	29	9,29		
17:00 PM	16	7	1	0	0	0	0	24	7,69		
<b>SUMAN</b>	<b>177</b>	<b>105</b>	<b>24</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>312</b>	<b>100,00</b>		

CONTEO DE TRAFICO VEHICULAR											
UBICACIÓN:		LIBERTADOR BOLIVAR - SITIO NUEVO									
DÍA:		MIÉRCOLES									
FECHA:		05 SEPTIEMBRE DEL 2018									
TIEMPO DE CONTEO:		12 HORAS									
HORAS		MOTOS 	LIVIANOS 	CAMIONES				TRACTO CAMION		TOTAL DE VEHICULOS	% TOTAL
				2D 	2DA 	2DB 	3A 	3S3 			
6:00 AM	7:00 AM	22	6	1	0	0	0	0	30	9,55	
7:00 AM	8:00 AM	31	10	1	0	0	0	0	45	14,33	
8:00 AM	9:00 AM	8	9	0	0	0	0	0	19	6,05	
9:00 AM	10:00 AM	9	6	0	0	0	0	0	17	5,41	
10:00 AM	11:00 AM	8	8	0	0	0	0	0	18	5,73	
11:00 AM	12:00 PM	9	9	1	0	0	0	0	21	6,69	
12:00 PM	13:00 PM	17	10	2	0	0	0	0	32	10,19	
13:00 PM	14:00 PM	15	6	1	0	0	0	0	23	7,32	
14:00 PM	15:00 PM	14	9	0	0	0	0	0	25	7,96	
15:00 PM	16:00 PM	15	10	0	0	0	0	0	30	9,55	
16:00 PM	17:00 PM	10	8	0	0	0	0	0	19	6,05	
17:00 PM	18:00 PM	22	9	2	0	0	0	0	35	11,15	
<b>SUMAN</b>		<b>180</b>	<b>100</b>	<b>26</b>	<b>8</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>314</b>	<b>100,00</b>	

CONTEO DE TRAFICO VEHICULAR											
LIBERTADOR BOLIVAR - SITIO NUEVO											
JUEVES											
06 SEPTIEMBRE DEL 2018											
TIEMPO DE CONTEO: 12 HORAS											
HORAS	MOTOS 	LIVIANOS 	CAMIONES				TRACTO CAMION 3S3 	TOTAL DE VEHICULOS	% TOTAL		
			2D 	2DA 	2DB 	3A 					
6:00 AM	14	4	0	0	0	0	20	6,01			
7:00 AM	34	7	0	0	2	0	46	13,81			
8:00 AM	10	10	0	0	0	0	23	6,91			
9:00 AM	15	7	0	0	0	0	24	7,21			
10:00 AM	16	12	0	0	0	0	30	9,01			
11:00 AM	11	9	0	0	1	0	23	6,91			
12:00 PM	13	11	0	0	1	0	28	8,41			
13:00 PM	17	10	0	0	0	0	31	9,31			
14:00 PM	6	9	0	0	0	0	18	5,41			
15:00 PM	14	12	0	0	0	0	30	9,01			
16:00 PM	14	10	0	0	1	0	27	8,11			
17:00 PM	26	4	0	0	1	0	33	9,91			
<b>SUMAN</b>	<b>190</b>	<b>105</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>333</b>	<b>100,00</b>			

CONTEO DE TRAFICO VEHICULAR											
UBICACIÓN:		LIBERTADOR BOLIVAR - SITIO NUEVO									
DÍA:		VIERNES									
FECHA:		07 SEPTIEMBRE DEL 2018									
TIEMPO DE CONTEO:		12 HORAS									
HORAS		MOTOS 	LIVIANOS 	CAMIONES				TRACTO CAMION		TOTAL DE VEHICULOS	% TOTAL
				2D 	2DA 	2DB 	3A 	3S3 			
6:00 AM	7:00 AM	13	6	3	0	0	0	0	0	22	5,84
7:00 AM	8:00 AM	37	11	4	0	0	0	0	0	52	13,79
8:00 AM	9:00 AM	17	7	2	0	0	0	0	0	26	6,90
9:00 AM	10:00 AM	9	9	3	0	0	0	0	0	21	5,57
10:00 AM	11:00 AM	14	6	3	2	0	0	0	0	25	6,63
11:00 AM	12:00 PM	13	8	3	5	0	1	0	0	30	7,96
12:00 PM	13:00 PM	10	11	5	4	0	0	0	0	30	7,96
13:00 PM	14:00 PM	28	5	2	0	0	1	0	0	36	9,55
14:00 PM	15:00 PM	13	9	3	1	0	0	0	0	26	6,90
15:00 PM	16:00 PM	21	7	2	3	0	0	0	0	33	8,75
16:00 PM	17:00 PM	15	15	6	1	0	0	0	0	37	9,81
17:00 PM	18:00 PM	26	8	5	0	0	0	0	0	39	10,34
<b>SUMAN</b>		<b>216</b>	<b>102</b>	<b>41</b>	<b>16</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>377</b>	<b>100,00</b>

**CONTEO DE TRAFICO VEHICULAR**

UBICACIÓN:		LIBERTADOR BOLIVAR - SITIO NUEVO										
DIA:		SABADO										
FECHA:		08 SEPTIEMBRE DEL 2018										
TIEMPO DE CONTEO:		12 HORAS										
HORAS		MOTOS 	LIVIANOS 	CAMIONES				TRACTO CAMION		TOTAL DE VEHICULOS	% TOTAL	
				2D 	2DA 	2DB 	3A 	3S3 				
6:00 AM	7:00 AM	11	5	1	0	0	0	0	0	17	4,68	
7:00 AM	8:00 AM	14	9	2	0	0	0	0	0	25	6,89	
8:00 AM	9:00 AM	22	9	1	0	0	0	0	0	32	8,82	
9:00 AM	10:00 AM	12	9	1	2	0	0	0	0	24	6,61	
10:00 AM	11:00 AM	19	8	3	2	0	0	0	0	32	8,82	
11:00 AM	12:00 PM	17	12	4	1	0	0	0	0	34	9,37	
12:00 PM	13:00 PM	19	7	2	2	1	0	0	0	31	8,54	
13:00 PM	14:00 PM	30	13	4	0	1	0	0	0	48	13,22	
14:00 PM	15:00 PM	13	7	1	0	0	0	0	0	21	5,79	
15:00 PM	16:00 PM	15	7	1	0	0	0	0	0	23	6,34	
16:00 PM	17:00 PM	26	8	1	0	0	0	0	0	35	9,64	
17:00 PM	18:00 PM	27	13	1	0	0	0	0	0	41	11,29	
<b>SUMAN</b>		<b>225</b>	<b>107</b>	<b>22</b>	<b>7</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>363</b>	<b>100,00</b>	

CONTEO DE TRAFICO VEHICULAR												
UBICACIÓN:		LIBERTADOR BOLIVAR - SITIO NUEVO										
DÍA:		DOMINGO										
FECHA:		09 SEPTIEMBRE DEL 2018										
TIEMPO DE CONTEO:		12 HORAS										
HORAS		MOTOS 	LIVIANOS 	CAMIONES					TRACTO CAMION		TOTAL DE VEHICULOS	% TOTAL
				2D 	2DA 	2DB 	3A 	3S3 				
6:00 AM	7:00 AM	9	6	0	0	0	0	0	0	15	3,76	
7:00 AM	8:00 AM	17	7	2	0	0	0	0	0	26	6,52	
8:00 AM	9:00 AM	15	11	1	0	0	0	0	0	27	6,77	
9:00 AM	10:00 AM	22	8	3	0	0	0	0	0	33	8,27	
10:00 AM	11:00 AM	13	14	3	0	0	0	0	0	30	7,52	
11:00 AM	12:00 PM	23	14	2	0	0	0	0	0	39	9,77	
12:00 PM	13:00 PM	18	8	1	0	0	0	0	0	27	6,77	
13:00 PM	14:00 PM	23	12	4	0	0	0	0	0	39	9,77	
14:00 PM	15:00 PM	22	12	3	0	0	0	0	0	37	9,27	
15:00 PM	16:00 PM	21	8	1	0	0	0	0	0	30	7,52	
16:00 PM	17:00 PM	32	12	3	0	0	0	0	0	47	11,78	
17:00 PM	18:00 PM	35	12	2	0	0	0	0	0	49	12,28	
<b>SUMAN</b>		<b>250</b>	<b>124</b>	<b>25</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>399</b>	<b>100,00</b>	

# Anexo B



**Universidad Estatal Península de Santa Elena**  
**Facultad de Ciencias de La Ingeniería**  
**Carrera de Ingeniería Civil**



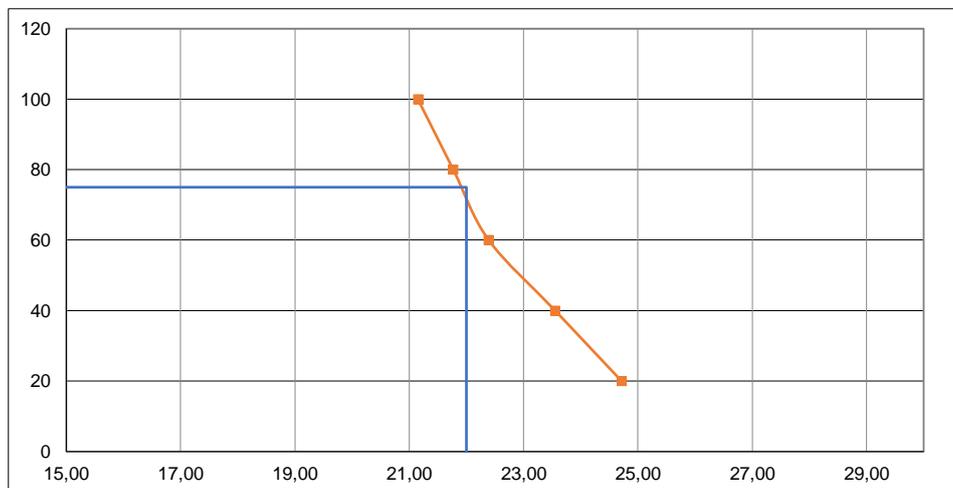
<b>DETERMINACION DEL VALOR DE LA RESISTENCIA DE DISEÑO (CBR PROMEDIO)</b>			
<b>Proyecto:</b>	Estudio de Suelo y estabilización del material granular existente con emulsion asfaltica para diseño de pavimento flexible		
<b>Tesistas:</b>	Danny Zavala - Cesar Zambrano	<b>Fecha Determinacion:</b>	<b>Inicio</b> 15 de Noviembre
<b>Ubicación:</b>	Via Libertador Bolivar - Sitio Nuevo	<b>Finalizado</b>	17 de Noviembre

<b>Tabla No. 3</b>	
<b>Limites para Selección de Resistencia</b>	
<b>No. de ejes de 8,2 Ton en el carril de Diseño(N)</b>	<b>Porcentaje a Seleccionar para hallar la Resistencia</b>
< 10000	60
<b>10000 - 1000000</b>	<b>75</b>
> 1000000	87,5

<b>C.B.R</b>	<b>Número de Valores Iguales o Mayores</b>	<b>% de Valores Iguales o Mayores</b>
21,15	5	100
21,77	4	80
22,39	3	60
23,55	2	40
24,72	1	20

<b>C.B.R</b>	<b>% de Valores Iguales o Mayores</b>
21,15	100
21,77	80
22,39	60
23,55	40
24,72	20

**CBR DE DISEÑO % = 22,00**





**Universidad Estatal Península de Santa Elena**  
**Facultad de Ciencias de La Ingeniería**  
**Carrera de Ingeniería Civil**



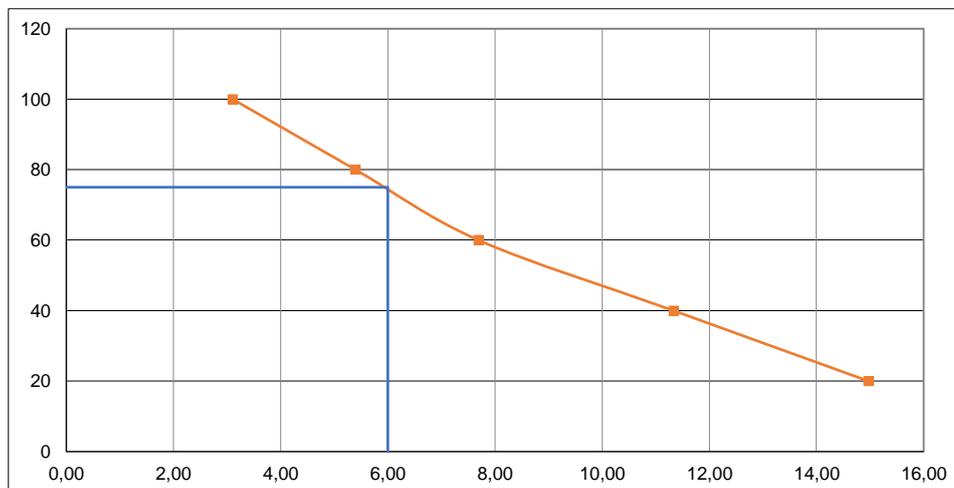
DETERMINACION DEL VALOR DE LA RESISTENCIA DE DISEÑO (CBR PROMEDIO)			
<b>Proyecto:</b>	Estudio de Suelo y estabilización del material granular existente con emulsion asfaltica para diseño de pavimento flexible		
<b>Tesistas:</b>	Danny Zavala - Cesar Zambrano	<b>Fecha Determinacion:</b>	<b>Inicio</b> 15 de Noviembre
<b>Ubicación:</b>	Via Libertador Bolivar - Sitio Nuevo	<b>Finalizado</b>	17 de Noviembre

Tabla No. 3	
Límites para Selección de Resistencia	
No. de ejes de 8,2 Ton en el carril de Diseño(N)	Porcentaje a Seleccionar para hallar la Resistencia
< 10000	60
10000 - 1000000	75
> 1000000	87,5

C.B.R	Número de Valores Iguales o Mayores	% de Valores Iguales o Mayores
3,10	5	100
5,40	4	80
7,69	3	60
11,33	2	40
14,97	1	20

C.B.R	% de Valores Iguales o Mayores
3,10	100
5,40	80
7,69	60
11,33	40
14,97	20

**CBR DE DISEÑO % = 6,00**





Universidad Estatal Península de Santa Elena  
Facultad de Ciencias de La Ingeniería  
Carrera de Ingeniería Civil



**EQUIVALENTE DE ARENA DE SUELOS Y AGREGADOS FINO**

<b>Proyecto:</b>	Estudio de Suelo y estabilizacion del material granular existente con emulsion asfaltica para diseño de pavimento flexible			
<b>Tesistas:</b>	Danny zavalá - Cesar Zambrano	<b>Fecha ensayo</b>	<b>Inicio</b>	6/12/2018
<b>Ubicación:</b>	Libertador Bolívar - Sitio Nuevo		<b>Fin</b>	7/12/2018

<b>FORMULA</b>	<b>EQUIVALENTE DE ARENA =</b> $\frac{\text{LECTURA DE ARENA}}{\text{LECTURA DE ARCILLA}} * 100$
----------------	---

DESCRIPCION	MUESTRAS PARA ENSAYO			
	1	2	3	4
HORA DE ENTRADA DE SATURACION	10:45:00	10:50:00	10:55:00	
HORA DE SALIDA DE SATURACION	10:55:00	11:00:00	11:05:00	
HORA DE ENTRADA A DECANTACION	10:58:00	11:03:00	11:08:00	
HORA DE SALIDA DE DECANTACION	11:18:00	11:23:00	11:28:00	
LECTURA DE ARCILLA (Plg)	6,90	6,90	8,80	
LECTURA DE ARENA (Plg)	13,10	12,00	12,90	

	EQUIVALENTE DE ARENA PARCIAL			
<b>CALCULO (%)</b>	44,93	28,99	32,95	

<b>EQUIVALENTE DE ARENA =</b> 35,62 %
---------------------------------------

<u>Observaciones :</u>
------------------------

<b>Laboratorista:</b> Danny zavalá Guanoluísa Cesar Zambrano Vera	<b>Revisado:</b> Ing. Lucrecia Moreno <b>Responsable:</b> Ing. Nelson Alvarez	<b>Fecha de toma de muestra:</b> 4 de Octubre del 2018	<b>Fecha de ensayo:</b> 06 de Diciembre del 2018
---	--	---	---



## RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO



<b>PROYECTO:</b>		Estudio de Suelo y estabilización del material granular existente con emulsion asfáltica para diseño de pavimento flexible						
<b>CALICATA #</b>	1	<b>Tesistas:</b>	Danny Erwin Zavala Guanoluisa	<b>Fecha inicio de ensayos :</b>	5 de Octubre del 2018	<b>Coordenadas</b>	Norte:	9792495
<b>Ubicación:</b>	Vía Libertador Bolívar - Sitio Nuevo		Cesar Antonio Zambrano Vera	<b>Fecha de fin de ensayos:</b>	30 de octubre del 2018		Este:	530359

DESCRIPCION	ESTRATIGRAFIA	MUESTRA		CLASIFICACION		W	L.L	L.P	I.P	PROCTOR		GRANULOMETRIA				CBR %	PROPIEDADES INDICE			AASTHO $\frac{W}{IP} \geq 2.5$	CORRELACION (Su/σ'vo)NC				
		#	Prof.	SUCS	AASTHO					%	%	%	%	ys Kg/m <sup>3</sup>	w opt %		No.4	No.10	No.40			No.200	I.L	C.R	C.c
RELLENO CON ARENA Y ARCILLA DE COLOR GRIS.		1	0,25	GM-GW	A-2-6	10,55	28,47	21,82	6,65	1764,07	16,52	33,95	26,71	17,90	10,43	26,89	-1,6941	2,6941	0,1662	4,2807	0,13				
ARCILLA LIMOSA DE COLOR CAFÉ CLARO.		2	0,60	OL	A-7-6	14,72	42,29	28,87	13,42	1688,45	19,639	98,57	95,31	91,42	68,61	5,34	-1,0542	2,0542	0,2906	3,1506	0,16				
LIMOS ARENOSOS Y ARCILLOSOS DE COLOR AMARILLENTO ORCUSO.		3	0,65	ML	A-6	13,33	36,52	26,29	10,23	-	-	100,00	99,81	98,95	60,29	0,61	-1,2657	2,2657	0,2387	3,5688	0,15				

$IL = \frac{(W - Wp)}{IP}$ <p>En los suelos plasticos el indice de liquidez es indicativo de la historia de los esfuerzos a la que ha estado sometido el suelo en donde:</p> <p>IL=0, el suelo estara consolidado (OC)          0,7 &lt; IL &lt; 1, el suelo estara normalmente consolidado (NC)          IL &gt; 1, el suelo es sensitivo</p> <p>Correlacion:  <math>(Su/\sigma'vo)NC = 0,11 + 0,0037 * IP(\%)</math></p> <p>Suelos normalmente consolidados, OCR = 1</p>	<div style="text-align: center;"> </div> <p>Decrecimiento del contenido de agua          Incremento del OCR, Ko          Incremento de resistencia, modulos de deformacion          Decrecimiento de la compresibilidad          Decrecimiento LI (Indice de liquidez)</p> <p>NC= Normalmente consolidada          LOC= Ligeramente sobreconsolidado          HOC= Altamente sobreconsolidado          OCR= Relacion de sobreconsolidado = <math>\frac{\sigma_{no}}{\sigma'vo}</math>  <math>\sigma'vo</math> = Maxim  <math>\sigma'vo</math> = Esfuerzo vertical efectivo de campo  <math>\sigma_{no}</math> = Esfuerzo horizontal efectivo de campo          Ko= Coeficiente de presion de tierra en reposo = <math>\frac{\sigma_{no}}{\sigma'vo}</math></p> <p style="text-align: center;"><b>Variacion cualitativa de los parametros que definen el comportamiento mecanico de los suelos finos ante posibles cambios de sus estados de consistencia, EPRL</b></p>	<p><b>Terzaghi &amp; Peck, 1967</b></p> <p style="text-align: center;"><math>Cc = 0,009 \times (LL - 10)</math></p> <p>La compresibilidad de los suelos puede expresarse:</p> <p>Baja: Cc de 0,00 a 0,19          Media: Cc de 0,20 a 0,39          Alta: Cc de 0,40 a mas</p> <p><b>Consistencia Relativa (C.R)</b></p> <p>C.R entre 0,00 a 0,25 Suelo muy Suave          C.R entre 0,25 a 0,50 Suelo Suave          C.R entre 0,50 a 0,75 Consistencia Media          C.R entre 0,75 a 1,00 Consistencia Rigida          LL&gt;50% Se puede decir que la arcilla es expansiva          o          (LL/LP)&lt;2.5 Tipo de suelo:          CH A-7-6 SUCS AASTHO</p>
--	--	---



Universidad Estatal Península de Santa Elena  
Facultad de Ciencias de La Ingeniería  
Carrera de Ingeniería Civil



DETERMINACION DE LA ABRASION DE LOS ANGELES			
<b>Proyecto:</b>	Estudio de Suelo y estabilizacion del material granular existente con emulsion asfaltica para diseño de pavimento flexible	<b>Muestra # 1 :</b>	<b>RELLENO</b>
<b>Tesistas:</b>	Danny zavala - Cesar Zambrano	Coordenadas	NORTE: 9792495
<b>Ubicación:</b>	Libertador Bolivar - Sitio Nuevo		ESTE: 530359

<b>FORMULA</b>	$\% \text{ DE PERDIDA} = \frac{PI - Pt}{PI}$	PI= Peso antes del ensayo Pt= Peso despues de tamizar por N°12
----------------	--	---

**Metodo :** 3

12 N° de Esferas, 1000 N° de revoluciones, 30 minutos de tiempo de rotacion

TAMIZ		PESO ANTES DEL ENSAYO	PESO DESPUES POR TAMIZ No 12 (gr)	% DE PERDIDA
PASA	RETIENE			
1 1/2"	1"	5000 ±25		
1"	3/4"	5000 ±25		
		10000	7926	20,7%

**% perdida = 20,7%**

Observaciones :

<b>Laboratorista:</b> Danny zavala Guanoluisa Cesar Zambrano Vera	<b>Revisado:</b> Ing. Lucrecia Moreno <b>Responsable:</b> Ing. Nelson Alvarez	<b>Fecha de toma de muestra:</b> 4 de Octubre del 2018	<b>Fecha de ensayo:</b> 5 de Noviembre del 2018
---	--	---	--



Universidad Estatal Península de Santa Elena  
Facultad de Ciencias de La Ingeniería  
Carrera de Ingeniería Civil



CONTENIDO DE HUMEDAD			
<b>Proyecto:</b>	Estudio de Suelo y estabilizacion del material granular existente con emulsion asfaltica para diseño de pavimento flexible	<b>Muestra # 1 :</b>	<b>RELLENO</b>
<b>Tesistas:</b>	Danny Zavala - Cesar Zambrano	<b>Coordenadas</b>	<b>Norte:</b> 9792495
<b>Ubicación:</b>	Vía Libertador Bolivar - Sitio Nuevo		<b>Este:</b> 530359

<b>RECIPIENTE #</b>	C
<b>MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA HUMEDA (P1)</b>	776,00
<b>MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA SECA (P2)</b>	711,00
<b>MASA DE RECIPIENTE (P4)</b>	95,00
<b>% DE HUMEDAD</b>	10,55

<b>Laboratorista:</b> Danny zavala Guanoluisa Cesar Zambrano Vera	<b>Revisado:</b> Ing. Lucrecia Moreno <b>Responsable:</b> Ing. Nelson Alvarez	<b>Fecha de toma de muestra:</b> 4 de Octubre del 2018	<b>Fecha ensayo:</b> 5 de Octubre del 2018
---	--	---	---



**Universidad Estatal Península de Santa Elena**  
**Facultad de Ciencias de La Ingeniería**  
**Carrera de Ingeniería Civil**



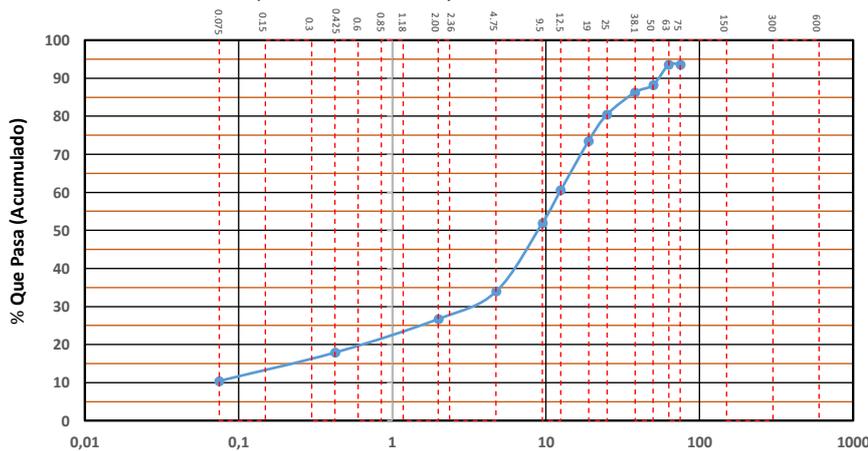
DETERMINACION DE LA DISTRIBUCION GRANULOMETRICA DE SUELOS Y AGREGADOS GRUESOS Y FINOS			
Proyecto:	Estudio de Suelo y estabilizacion del material granular existente con emulsion asfaltica para diseño de pavimento flexible	Muestra # 1:	<b>Relleno</b>
Tesistas:	Danny Zavala - Cesar Zambrano	Coordenadas	Norte: 9792495
Ubicación:	Via Libertador Bolivar - Sitio Nuevo		Este: 530359

Ensayo de Contenido de Humedad	Material Serie	
	Gruesa	Fina
Resipiente N°	2	C
Masa de Recipiente + Muestra Humeda (P1)	1390,00	433,00
Masa de Recipiente + Muestra Seca (P2)	1308,00	408,65
Masa de Agua (P3 = P1 -P2)	82	24,35
Masa de Recipiente (P4)	124,90	38,25
Masa de Muestra Seca (P5= P2-P4)	1183,1	370,4
% de Humedad (W= P3 × 100 ÷ P5)	6,93	6,57

SERIE GRUESA				
Tamiz ASTM / N°.	Abertura / N°.	Masa Retenida		% Pasante acumulado
		Parcial	Acumulada	
600 mm.	24 "			
300 mm.	12 "			
150 mm.	6 "			
75 mm.	3 "	644	602,2578452	93,56
63 mm.	2 1/2"	0	602,3	93,56
50 mm.	2 "	531	1098,8	88,24
38,1 mm.	1 1/2"	195	1281,2	86,29
25 mm.	1 "	584	1827,3	80,44
19 mm.	3/4"	692	2474,5	73,52
12,5 mm.	1/2"	1297	3687,4	60,54
9,5 mm.	3/8"	858	4489,8	51,95
4,75 mm.	No.4	1799	6172,2	33,95
Pasa No. 4		3381	3172,444332	

SERIE FINA					
Tamiz ASTM / N°.	Abertura / N°.	Masa Retenida		% Pasante acumulado	% Pasante corregido
		Parcial	Acumulada		
2,36 mm.	No. 8				
2 mm.	No. 10	59,99	59,99	78,69	26,71
1,18 mm.	No. 16				
0,85 mm.	No. 20				
0,60 mm.	No. 30				
0,425 mm.	No. 40	73,1	133,09	52,72	17,90
0,3 mm.	No. 50				
0,15 mm.	No. 100				
0,075 mm.	No. 200	61,94	195,03	30,72	10,43
Pasa No. 200					
Masa inicial del material para lavado =			300 gr.		
Masa inicial del material para lavado =			281,5 gr.		
Masa Total del Material utilizado para el ensayo (gr)				9344,7	

**CURVA DE DISTRIBUCION GRANULOMETRICA**  
**TAMICES ASTM (Abertura en Milímetros)**



Distribucion del Tamaño de las Partículas Valores expresados en porcentajes		
Pedron Rodado (>12")		0,0
Canto Rodado (12"-3")		0,0
Grava (3"-N°4)	Gruesa (3"-3/4")	26,48
	Fina (3/4"-N°4)	39,6
Arena (N°4-N°200)	Gruesa (N°4-Media (N°10-N°40))	7,2
	Media (N°10-N°40)	8,8
	Fina (N°40-N°200)	7,5
Finos (>N°200)		10,43

Condiciones de Filtro		
D15 =	0,289	Cu = 42,57
D30 =	3,249	
D60 =	12,311	Cc = 2,96
Cu ≥ 4 SI CUMPLE		
1 > Cc > 3 SI CUMPLE		

Laboratorista: Danny Zavala Guanoluisa Cesar Zambrano Vera	Revisado: Ing. Lucrecia Morena Responsable: Ing. Nelson Alvarez	Fecha de toma de muestra : 4 de Octubre del 2018	Fecha Ensayo: 25 de Octubre del 2018
--	--	---	---



**Universidad Estatal Península de Santa Elena**  
**Facultad de Ciencias de La Ingeniería**  
**Carrera de Ingeniería Civil**

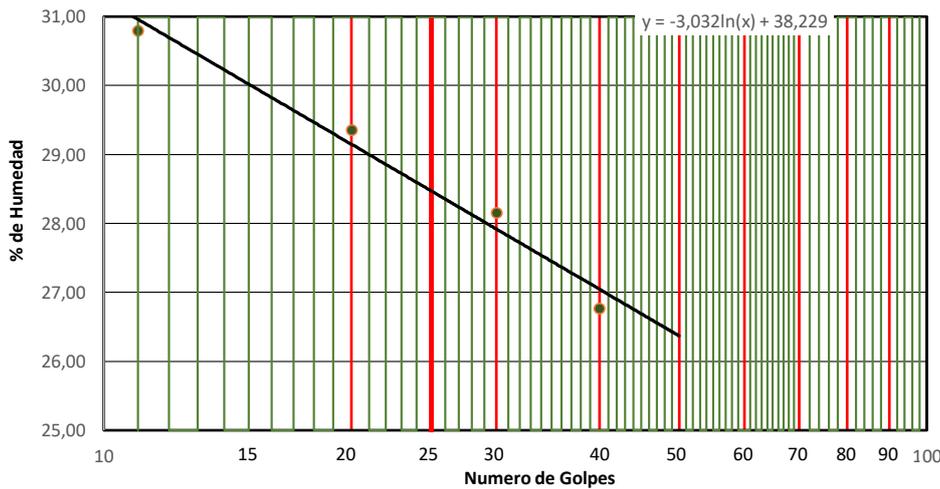


DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS			
<b>Proyecto:</b>	Estudio de Suelo y estabilizacion del material granular existente con emulsion asfaltica para diseño de pavimento flexible	<b>Muestra # 1:</b>	<b>RELLENO</b>
<b>Tesistas:</b>	Danny Zavala - Cesar Zambrano	<b>Coordenadas</b>	<b>Norte:</b> 9792495
<b>Ubicación:</b>	Via Libertador Bolivar - Sitio Nuevo		<b>Este:</b> 530359

DATOS DEL ENSAYO							
RECIPIENTE #	P5	J1	6	8			
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA HUMEDA (P1)	20,14	21,64	19,47	20,44			
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA SECA (P2)	17,49	18,80	17,23	18,05			
MASA DE AGUA ( P3 = P1 -P2 )	2,65	2,84	2,24	2,39			
MASA DE RECIPIENTE (P4)	8,89	9,13	9,27	9,13			
MASA DE MUESTRA SECA ( P5 = P2- P4 )	8,60	9,67	7,96	8,92			
% DE HUMEDAD ( W = P3* 100 ÷ P5 )	30,80	29,36	28,16	26,77			
# DE GOLPES	11	20	30	40			

DATOS DEL ENSAYO			
RECIPIENTE #	P6	P1	L2
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA HUMEDA (P1)	21,40	21,38	21,24
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA SECA (P2)	19,18	19,22	19,15
MASA DE AGUA ( P3 = P1 -P2 )	2,22	2,16	2,09
MASA DE RECIPIENTE (P4)	9,20	9,24	9,46
MASA DE MUESTRA SECA ( P5 = P2- P4 )	9,98	9,98	9,69
% DE HUMEDAD ( W = P3* 100 ÷ P5 )	22,24	21,64	21,57

SEGUN LA CARTA DE LA COMPOSICION MINERALOGICA EN LA PLASTICIDAD (DAY, 1999)



RESULTADOS	
LIMITE LIQUIDO =	<b>28,47</b>
LIMITE PLASTICO=	<b>21,82</b>
INDICE DE PLASTICIDAD=	<b>6,65</b>

CLASIFICACION SEGÚN CARTA DE PLASTICIDAD ASTM D-2487 SUCS
<b>GM-GW</b>

Laboratorista: Danny Zavala Guanoluisa Cesar Zambrano Vera	Revisado: Ing. Lucrecia Moreno Responsable: Ing. Nelson Alvarez	Fecha de toma de muestra : 4 de Octubre del 2018	Fecha Ensayo: 25 de Octubre del 2018
--	--	---	---



**DETERMINACION DE LA RELACION HUMEDAD - DENSIDAD DE SUELOS**

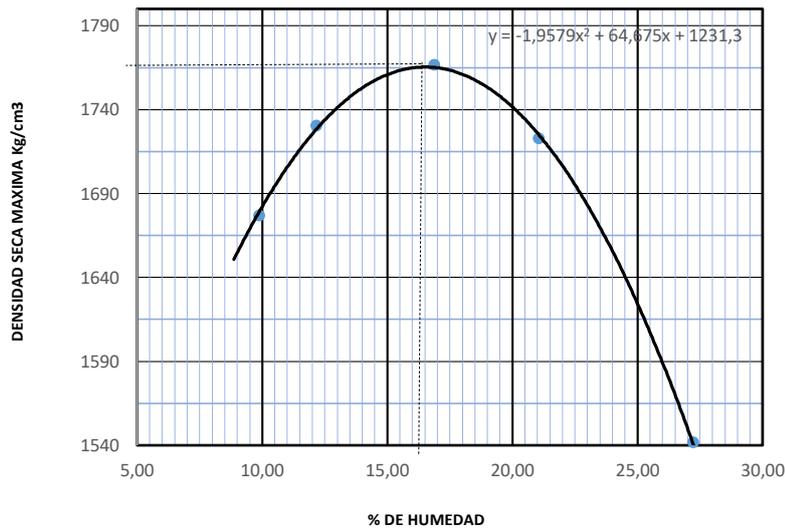
<b>Proyecto:</b>	Estudio de Suelo y estabilizacion del material granular existente con emulsion asfaltica para diseño de pavimento flexible	<b>Muestra # 1:</b>	<b>RELLENO</b>	
<b>Tesistas:</b>	Danny Zavala - Cesar Zambrano	<b>Coordenadas</b>	<b>Norte:</b>	9792495
<b>Ubicación:</b>	Libertador Bolivar - Sitio Nuevo		<b>Este:</b>	530359

PESO DEL CILINDRO (P7)	5364
VOLUMEN DEL CILINDRO (V)	2057,73
PESO DEL MARTILLO (Kg.)	4,54
ALTURA DE CAIDA DEL MARTILLO (cm.)	45,72
TIPO DE ENSAYO	Modificado
# DE CAPAS	5
# DE GOLPES POR CAPA	56

Modificado Metodo C;  
 Porcion que pasa en la malla No 3/4. Puede usarse si mas de 20% por peso del material es retenido en la malla de 9,5mm (3/4 pulg) y menos de 30% por peso es retenido en la malla de 19,00 mm (3/4 pulg).

**DATOS DEL ENSAYO**

PUNTO #	1		2		3		4		5		6	
	Grueso	Fino										
<b>Material de ensayo</b>												
<b>RECIPIENTE #</b>	RG		C		Q		W		B			
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA HUMEDA (P1)	87		78		81		83		119			
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA SECA (P2)	81		71		72		72		97			
MASA DE AGUA ( P3 = P1 - P2 )	6		7		9		12		22			
MASA DE RECIPIENTE (P4)	17		17		17		17		17			
MASA DE MUESTRA SECA ( P5 = P2- P4 )	64		55		55		55		80			
% DE HUMEDAD ( W = P3* 100 ÷ P5 )	10		12		17		21		27			
<b>% DE HUMEDAD PROMEDIO</b>	9,86		12,16		16,87		21,04		27,22			
<b>% DE HUEMEDAD AÑADIDA AL SUELO</b>	TN		150		300		500		800			
MASA DE CILINDRO + SUELO HUMEDO (P6)	9155		9358		9612		9655		9400			
MASA DE SUELO HUMEDO (P8=P6-P7)	3791		3994		4248		4291		4036			
DENSIDAD HUMEDA DEL SUELO (Dh= P8 ÷ v )	1842		1941		2064		2085		1961			
DENSIDAD SECA DEL SUELO (Ds = Dh ÷ ( 1 + w ÷100))	1677		1730		1766		1723		1542			



RESULTADOS
Densidad Seca Maxima 1764 Kg./m3
% de Humedad Optima 16,5 %

<b>Laboratorista:</b> Danny Zavala Guanoluisa Cesar Zambrano Vera	<b>Revisado:</b> Ing. Lucrecia Moreno <b>Responsable:</b> Ing. Nelson Alvarez	<b>Fecha de toma de muestra :</b> 4 de Octubre del 2018	<b>Fecha Ensayo:</b> 25 de Octubre del 2018
---	--	--	--



**Universidad Estatal Península de Santa Elena**  
**Facultad de Ciencias de La Ingeniería**  
**Carrera de Ingeniería Civil**



**C.B.R - DENSIDADES**

<b>Proyecto:</b>	Estudio de Suelo y estabilización del material granular existente con emulsion asfáltica para diseño de pavimento flexible	<b>Muestra # 1 :</b>	<b>RELLENO</b>	
<b>Tesistas:</b>	Danny Zavala - Cesar Zambrano	<b>Coordenadas</b>	<b>Norte:</b>	9792495
<b>Ubicación:</b>	Vía Libertador Bolívar - Sitio Nuevo		<b>Este:</b>	530359

MOLDE Nº-	XIII	II	XIV	
PESO MOLDE	6,668	5,943	6,917	PESO DEL MARTILLO 10Lb
VOLUMEN MOLDE	0,00235258	0,0023446	0,00234383	ALTURA DEL MOLDE 18 "
No DE GOLPES CAPA	12	25	56	

Nº de ensayo		1	2	3
<b>ANTES DE LA INMERSION</b>				
		12 Golpes de capa	25 Golpes de capa	56 Golpes de capa
<b>HUMEDAD</b>	Nº recipiente	B	R1	A
	Wh + r	226	163	229
	Ws + r	202	146	205
	Ww	24,72	17,05	24,24
	r	43,28	31,84	34,41
	Ws	158,44	114,20	170,71
	w (%)	15,60	14,93	14,20
<b>MOLDE DE NUMERO</b>		XIII	II	XIV
Molde + suelo humedo	p	10,959	10,36	11,606
Molde		6,668	5,943	6,917
Suelo humedo	W	4,291	4,417	4,689
Suelo seco= 100w/(100+W)	Ws	3,712	3,843	4,106
Contenido de agua	w	15,60	14,93	14,20
Densidad humeda	h	1824	1884	2001
Densidad humeda	s	1578	1639	1752

<b>DESPUES DE LA INMERSION</b>							
		ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO
<b>HUMEDAD</b>	Nº recipiente	T3	W1	V3	Q2	T2	T1
	Wh + r	85,2	90,3	90	90,9	98,3	84,5
	Ws + r	73,3	77,5	78,1	77,8	83,3	73,5
	Ww	11,9	12,8	11,9	13,1	15	11
	r	16,67	16,99	16,62	16,54	17,12	16,53
	Ws	56,63	60,51	61,48	61,26	66,18	56,97
	w (%)	21,01	21,15	19,36	21,38	22,67	19,31
<b>Promedio w (%)</b>		21,08		20,37		20,99	
Molde + suelo humedo	p	11,18		10,54		11,711	
Molde		6,668		5,943		6,917	
Suelo humedo	W	4,52		4,594		4,794	
Suelo seco	Ws	3,729		3,817		3,962	
Contenido de agua	w	21,01		19,36		22,67	
Densidad humeda	h	1919		1959		2045	
Densidad seca	s	1585		1628		1691	

<b>HINCHAMIENTO</b>			
Lectura inicial		0,078	0,073
24 horas		0,093	0,089
48 horas		0,098	0,094
72 horas		0,098	0,094
96 horas			
<b>HINCHAMIENTO %</b>		0,4	0,5

<b>CBR</b>	%			
Densidad seca	ys	1578	1639	1752

<b>Laboratorista:</b> Danny Zavala Guanoluisa Cesar Zambrano Vera	<b>Revisado:</b> Ing. Lucrecia Moreno <b>Responsable:</b> Ing. Nelson Alvarez	<b>Fecha toma de muestra :</b> 4 de Octubre del 2018	<b>Fecha Ensayo:</b> 25 de Octubre del 2018
---	--	---	--



**Universidad Estatal Península de Santa Elena**  
**Facultad de Ciencias de La Ingeniería**  
**Carrera de Ingeniería Civil**



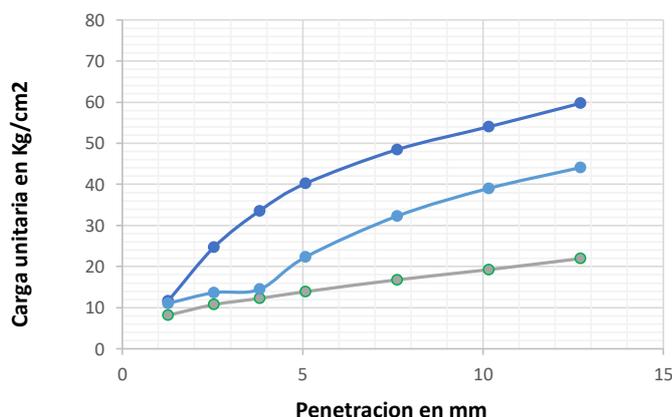
<b>C.B.R - PENETRACION</b>			
<b>Proyecto:</b>	Estudio de Suelo y estabilizacion del material granular existente con emulsion asfaltica para diseño de pavimento flexible	<b>Muestra # 1:</b>	<b>RELLENO</b>
<b>Tesistas:</b>	Danny Zavala - Cesar Zambrano	<b>Coordenadas</b>	<b>Norte:</b> 9792495
<b>Ubicación:</b>	Via Libertador Bolivar - Sitio Nuevo		<b>Este:</b> 530359

MOLDE Nº-	XIV	XV	XVII		
<b>PESO MOLDE</b>	6,668	5,943	6,917	<b>PESO DEL MARTILLO:</b>	10 Lb
<b>VOLUMEN MOLDE</b>	0,00235258	0,0023446	0,00234383	<b>ALTURA DEL MARTILLO:</b>	18 "
<b>No DE GOLPES CAPA</b>	12	25	56		

NUMERO DE ENSAYO	1	2	3	1	2	3

Tamiz ASTM Abertura /Nº	<b>CARGA DE PENETRACION EN Lb</b>			<b>CARGA DE PENETRACION EN Kg</b>		
1,27 mm (0.05")	348,48	471,90	496,98	158,4	214,5	225,9
2,54 mm (0.10")	458,48	582,56	1053,58	208,4	264,8	478,9
3,81 mm (0.15")	523,16	617,76	1432,86	237,8	280,8	651,3
5,08 mm (0.20")	593,34	952,16	1715,78	269,7	432,8	779,9
7,62 mm (0.30")	716,54	1377,64	2067,56	325,7	626,2	939,8
10,16 mm (0.40")	821,70	1665,18	2304,50	373,5	756,9	1047,5
12,70 mm (0.50")	936,54	1880,78	2547,82	425,7	854,9	1158,1

Tamiz ASTM Abertura /Nº	<b>CARGA DE PENETRACION EN Lb/pulg2</b>			<b>CARGA DE PENETRACION EN Kg/cm2</b>		
1,27 mm (0.05")	115,92	156,97	165,31	8,167	11,059	11,647
<b>2,54 mm (0.10")</b>	<b>152,51</b>	<b>193,78</b>	<b>350,46</b>	<b>10,745</b>	<b>13,653</b>	<b>24,691</b>
3,81 mm (0.15")	174,02	205,49	476,62	12,261	14,478	33,580
<b>5,08 mm (0.20")</b>	<b>197,36</b>	<b>316,72</b>	<b>570,72</b>	<b>13,905</b>	<b>22,314</b>	<b>40,210</b>
7,62 mm (0.30")	238,34	458,25	687,74	16,792	32,286	48,454
10,16 mm (0.40")	273,32	553,89	766,55	19,257	39,024	54,007
12,70 mm (0.50")	311,52	625,61	847,49	21,948	44,077	59,710



Nº de Golpes	Esfuerzo de penetracion	
	0.10 pulg	0.20 pulg
12	10,745	13,905
25	13,653	22,314
56	24,691	40,210

C.B.R	%	
12	15,25	13,16
25	19,38	21,12
56	35,05	38,05

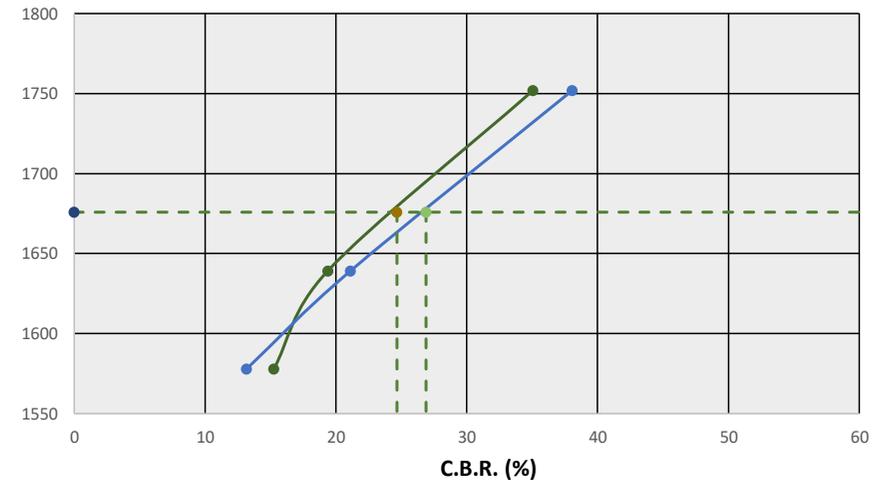
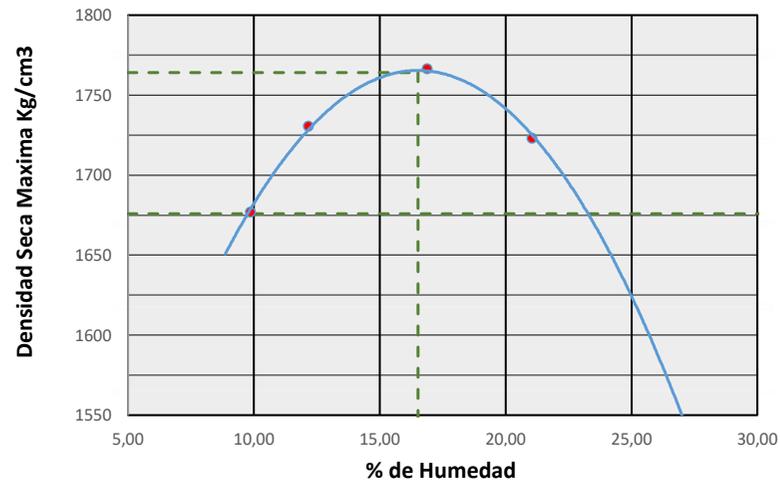
<b>Laboratorista:</b> Danny Zavala Guanoluisa Cesar Zambrano Vera	<b>Revisado:</b> Ing. Lucrecia Moreno <b>Responsable:</b> Ing. Nelson Alvarez	<b>Fecha de toma de muestra:</b> 4 de Octubre del 2018	<b>Fecha de ensayo:</b> 25 de Octubre del 2018
---	--	---	---



**Universidad Estatal Península de Santa Elena**  
**Facultad de Ciencias de La Ingeniería**  
**Carrera de Ingeniería Civil**



RELACION DE GRAFICO DE PROCTOR Y CBR			
<b>Proyecto:</b>	Estudio de Suelo y estabilizacion del material granular existente con emulsion asfaltica para diseño de pavimento flexible	<b>Muestra # 1:</b>	<b>RELLENO</b>
<b>Tesistas:</b>	Danny Zavala - Cesar Zambrano	<b>Coordenadas</b>	<b>Norte:</b> 9792495
<b>Ubicación:</b>	Via Libertador Bolivar - Sitio Nuevo		<b>Este:</b> 530359



**Densidad seca Max =** 1764,07 Kg/m3  
**Humedad optima =** 16,52 %  
**95 % Densidad seca Max =** 1676 Kg/m3

**CBR para 0,10" :** 24,67 %  
**CBR para 0,20" :** 26,89 %

Nº Golpes / capa	Densidad Kg/ m3	Carga Unitaria Kg/m2		Carga Unitaria Patron Kg/m2		C.B.R %		Expansión %
		0,10"	0,20"	0,10"	0,20"	0,10"	0,20"	
12	1578	10,745	13,905	70,45	105,68	15,25	13,16	0,4
25	1639	13,653	22,314	70,45	105,68	19,38	21,12	0,5
56	1752	24,691	40,210	70,45	105,68	35,05	38,05	0,2

<b>Laboratorista:</b> Danny Zavala Guanoluisa Cesar Zambrano Vera	<b>Revisado:</b> Ing. Lucrecia Moreno <b>Responsable:</b> Ing. Nelson Alvarez	<b>Fecha de toma de muestra:</b> 4 de Octubre del 2018	<b>Fecha Ensayo:</b> 25 de Octubre del 2018
---	--	---	--



**Universidad Estatal Península de Santa Elena**  
**Facultad de Ciencias de La Ingeniería**  
**Carrera de Ingeniería Civil**



<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>			
<b>Proyecto:</b>	Estudio de Suelo y estabilizacion del material granular existente con emulsion asfaltica para diseño de pavimento flexible	<b>Muestra # 2 :</b>	<b>TERRENO NATURAL</b>
<b>Tesistas:</b>	Danny Zavala - Cesar Zambrano	<b>Coordenadas</b>	<b>Norte:</b> 9792495
<b>Ubicación:</b>	Vía Libertador Bolívar - Sitio Nuevo		<b>Este:</b> 530359

<b>RECIPIENTE #</b>	<b>U</b>
<b>MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA HUMEDA (P1)</b>	75,32
<b>MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA SECA (P2)</b>	67,79
<b>MASA DE RECIPIENTE (P4)</b>	16,62

<b>% DE HUMEDAD</b>	14,72
---------------------	-------

<b>Laboratorista:</b> Danny zavala Guanoluisa Cesar Zambrano Vera	<b>Revisado:</b> Ing. Lucrecia Moreno <b>Responsable:</b> Ing. Nelson Alvarez	<b>Fecha de toma de muestra:</b> 4 de Octubre del 2018	<b>Fecha ensayo:</b> 5 de Octubre del 2018
---	--	---	---



**Universidad Estatal Península de Santa Elena**  
**Facultad de Ciencias de La Ingeniería**  
**Carrera de Ingeniería Civil**



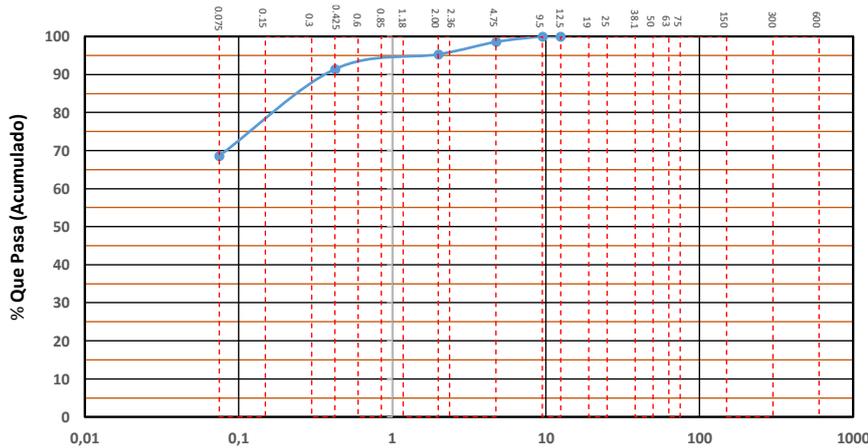
DETERMINACION DE LA DISTRIBUCION GRANULOMETRICA DE SUELOS Y AGREGADOS GRUESOS Y FINOS			
Proyecto:	Estudio de Suelo y estabilizacion del material granular existente con emulsion asfaltica para diseño de pavimento flexible	Muestra # 2:	<b>TERRENO NATURAL</b>
Tesistas:	Danny Zavala - Cesar Zambrano	Coordenadas	Norte: 9792495
Ubicación:	Via Libertador Bolivar - Sitio Nuevo		Este: 530359

Ensayo de Contenido de Humedad	Material Serie	
	Gruesa	Fina
Resipiente N°		U
Masa de Recipiente + Muestra Humeda (P1)		75,32
Masa de Recipiente + Muestra Seca (P2)		67,79
Masa de Agua (P3 = P1 -P2)		7,53
Masa de Recipiente (P4)		16,62
Masa de Muestra Seca (P5= P2-P4)		51,17
% de Humedad (W= P3 × 100 ÷ P5)		14,72

SERIE GRUESA				
Tamiz ASTM	Abertura / N°.	Masa Retenida		% Pasante acumulado
		Parcial	Acumulada	
600 mm.	24 "			
300 mm.	12 "			
150 mm.	6 "			
75 mm.	3 "	0	0	100,00
63 mm.	2 1/2"	0	0,0	100,00
50 mm.	2 "	0	0,0	100,00
38,1 mm.	1 1/2"	0	0,0	100,00
25 mm.	1 "	0	0,0	100,00
19 mm.	3/4"	0	0,0	100,00
12,5 mm.	1/2"	0	0,0	100,00
9,5 mm.	3/8"	0	0,0	100,00
4,75 mm.	No.4	0,84	0,8	98,57
Pasa No. 4		58 gr.		

SERIE FINA					
Tamiz ASTM	Abertura / N°.	Masa Retenida		% Pasante acumulado	% Pasante corregido
		Parcial	Acumulada		
2,36 mm.	No. 8				
2 mm.	No. 10	1,69	1,69	96,70	95,31
1,18 mm.	No. 16				
0,85 mm.	No. 20				
0,60 mm.	No. 30				
0,425 mm.	No. 40	2,02	3,71	92,75	91,42
0,3 mm.	No. 50				
0,15 mm.	No. 100				
0,075 mm.	No. 200	11,84	15,55	69,61	68,61
Pasa No. 200					
Masa inicial del material para lavado =		59 gr.			
Masa inicial del material para lavado =		51,2 gr.			
Masa Total del Material utilizado para el ensayo (gr)		58,7			

**CURVA DE DISTRIBUCION GRANULOMETRICA**  
**TAMICES ASTM (Abertura en Milímetros)**



Distribucion del Tamaño de las Partículas Valores expresados en porcentajes			
Pedron Rodado (>12")		0,0	
Canto Rodado (12"-3")		0,0	
Grava (3"-N°4)	Gruesa (3"-3/4")	0,00	1,4
	Fina (3/4"-N°4)	1,4	
Arena (N°4-N°200)	Gruesa (N°4-N°10)	3,3	30,0
	Media (N°10-N°40)	3,9	
	Fina (N°40-N°200)	22,8	
Finos (>N°200)		68,61	

Condiciones de Filtro	
D15 =	Cu =
D30 =	
D60 =	Cc =
Cu ≥ 4	
1 > Cc > 3	

Laboratorista: Danny Zavala Guanoluiza Cesar Zambrano Vera	Revisado: Ing. Lucrecia Morena Responsable: Ing. Nelson Alvarez	Fecha de toma de muestra : 4 de Octubre del 2018	Fecha Ensayo: 25 de Octubre del 2018
--	--	---	---



**Universidad Estatal Península de Santa Elena**  
**Facultad de Ciencias de La Ingeniería**  
**Carrera de Ingeniería Civil**



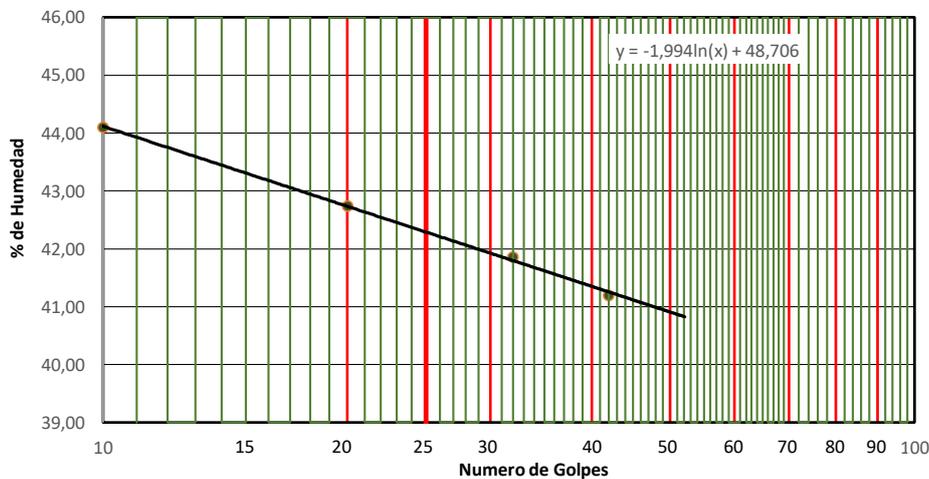
**DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS**

<b>Proyecto:</b>	Estudio de Suelo y estabilizacion del material granular existente con	<b>Muestra # 2:</b>	<b>TERRENO NATURAL</b>
<b>Tesistas:</b>	Danny Zavala - Cesar Zambrano	<b>Coordenadas</b>	<b>Norte:</b> 9792495
<b>Ubicación:</b>	Via Libertador Bolivar - Sitio Nuevo		<b>Este:</b> 530359

DATOS DEL ENSAYO							
RECIPIENTE #	W2	P4	N2	J1			
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA HUMEDA (P1)	23,84	21,37	20,62	19,56			
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA SECA (P2)	19,31	17,71	17,29	16,52			
MASA DE AGUA ( P3 = P1 -P2 )	4,53	3,66	3,33	3,04			
MASA DE RECIPIENTE (P4)	9,03	9,14	9,33	9,13			
MASA DE MUESTRA SECA ( P5 = P2- P4 )	10,28	8,57	7,96	7,39			
% DE HUMEDAD ( W = P3* 100 ÷ P5 )	44,10	42,74	41,86	41,20			
# DE GOLPES	10	20	32	42			

DATOS DEL ENSAYO				
RECIPIENTE #	W1	S	W4	
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA HUMEDA (P1)	15,96	17,24	16,86	
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA SECA (P2)	14,41	15,45	15,14	
MASA DE AGUA ( P3 = P1 -P2 )	1,55	1,79	1,72	
MASA DE RECIPIENTE (P4)	9,05	9,28	9,14	
MASA DE MUESTRA SECA ( P5 = P2- P4 )	5,36	6,17	6,00	
% DE HUMEDAD ( W = P3* 100 ÷ P5 )	28,92	29,01	28,67	

SEGUN LA CARTA DE LA COMPOSICION MINERALOGICA EN LA PLASTICIDAD (DAY, 1999)



RESULTADOS	
LIMITE LIQUIDO =	<b>42,29</b>
LIMITE PLASTICO=	<b>28,87</b>
INDICE DE PLASTICIDAD=	<b>13,42</b>
CLASIFICACION SEGÚN CARTA DE PLASTICIDAD ASTM D-2487 SUCS	
OL	

Laboratorista: Danny Zavala Guanoluisa Cesar Zambrano Vera	Revisado: Ing. Lucrecia Moreno Responsable: Ing. Nelson Alvarez	Fecha de toma de muestra : 4 de Octubre del 2018	Fecha Ensayo: 25 de Octubre del 2018
--	--	---	---



# Universidad Estatal Península de Santa Elena

Facultad de Ciencias de La Ingeniería

Carrera de Ingeniería Civil



## DETERMINACION DE LA RELACION HUMEDAD - DENSIDAD DE SUELOS

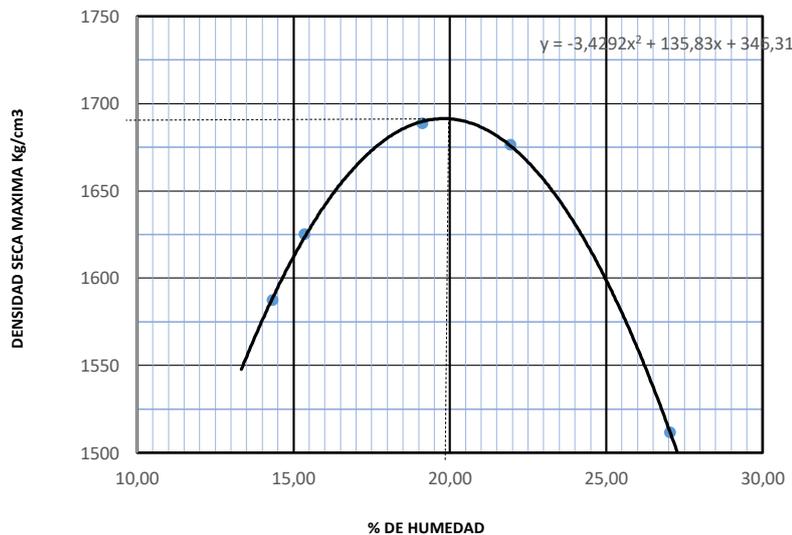
<b>Proyecto:</b>	Estudio de Suelo y estabilizacion del material granular existente	<b>Muestra # 2:</b>	<b>TERRENO NATURAL</b>
<b>Tesistas:</b>	Danny Zavala - Cesar Zambrano	<b>Coordenadas</b>	<b>Norte:</b> 9792495
<b>Ubicación:</b>	Libertador Bolivar - Sitio Nuevo		<b>Este:</b> 530359

PESO DEL CILINDRO (P7)	5364
VOLUMEN DEL CILINDRO (V)	2057,73
PESO DEL MARTILLO (Kg.)	4,54
ALTURA DE CAIDA DEL MARTILLO (cm.)	45,72
TIPO DE ENSAYO	Modificado
# DE CAPAS	5
# DE GOLPES POR CAPA	56

Modificado Metodo C;  
 Porcion que pasa en la malla No 3/4. Puede usarse si mas de 20% por peso del material es retenido en la malla de 9,5mm (3/4 pulg) y menos de 30% por peso es retenido en la malla de 19,00 mm (3/4 pulg).

### DATOS DEL ENSAYO

PUNTO #	1		2		3		4		5		6	
	Material de ensayo		Grueso	Fino	Grueso	Fino	Grueso	Fino	Grueso	Fino	Grueso	Fino
RECIPIENTE #			A4	D		41		U		A		
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA HUMEDA (P1)			86	89		73		78		121		
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA SECA (P2)			78	79		64		67		99		
MASA DE AGUA ( P3 = P1 -P2 )			9	10		9		11		22		
MASA DE RECIPIENTE (P4)			17	17		17		17		17		
MASA DE MUESTRA SECA ( P5 = P2- P4 )			61	63		47		50		82		
% DE HUMEDAD ( W = P3* 100 ÷ P5 )			14	15		19		22		27		
% DE HUMEDAD PROMEDIO			14,33	15,34		19,11		21,93		27,04		
% DE HUEMEDAD AÑADIDA AL SUELO			TN	100		250		450		650		
MASA DE CILINDRO + SUELO HUMEDO (P6)			9098	9221		9503		9570		9316		
MASA DE SUELO HUMEDO (P8=P6-P7)			3734	3857		4139		4206		3952		
DENSIDAD HUMEDA DEL SUELO (Dh= P8 ÷ v )			1815	1874		2011		2044		1921		
DENSIDAD SECA DEL SUELO (Ds = Dh ÷ ( 1 + w ÷100))			1587	1625		1689		1676		1512		



RESULTADOS
Ds densidad Seca Maxima 1691 Kg./m3
% de Humedad Optima 19,8 %

<b>Laboratorista:</b> Danny Zavala Guanoluisa Cesar Zambrano Vera	<b>Revisado:</b> Ing. Lucrecia Moreno <b>Responsable:</b> Ing. Nelson Alvarez	<b>Fecha de toma de muestra :</b> 4 de Octubre del 2018	<b>Fecha Ensayo:</b> 25 de Octubre del 2018
---	--	--	--



**Universidad Estatal Península de Santa Elena**  
**Facultad de Ciencias de La Ingeniería**  
**Carrera de Ingeniería Civil**



**C.B.R - DENSIDADES**

<b>Proyecto:</b>	Estudio de Suelo y estabilización del material granular existente con emulsión asfáltica para diseño de pavimento flexible	<b>Muestra # 2 :</b>	<b>TERRENO NATURAL</b>	
<b>Tesis:</b>	Danny Zavala - Cesar Zambrano	<b>Coordenadas</b>	<b>Norte:</b>	9792495
<b>Ubicación:</b>	Via Libertador Bolívar - Sitio Nuevo		<b>Este:</b>	530359

MOLDE Nº-	XIX	I	1	
PESO MOLDE	6,009	5,855	5,946	PESO DEL MARTILLO 10Lb
VOLUMEN MOLDE	0,00233061	0,00235201	0,00234879	ALTURA DEL MOLDE 18 "
No DE GOLPES CAPA	12	25	56	

Nº de ensayo		1	2	3
<b>ANTES DE LA INMERSION</b>				
		12 Golpes de capa	25 Golpes de capa	56 Golpes de capa
<b>HUMEDAD</b>	Nº recipiente	G1	Z	4I
	Wh + r	172	207	159
	Ws + r	150	181	140
	Ww	22,70	26,03	19,29
	r	31,08	32,37	19,92
	Ws	118,51	149,00	120,11
	w (%)	19,15	17,47	16,06
MOLDE DE NUMERO		XIX	I	1
Molde + suelo humedo	p	10,104	10,01	10,515
Molde		6,009	5,855	5,946
Suelo humedo	W	4,095	4,152	4,569
Suelo seco= 100w/(100+W)	Ws	3,437	3,535	3,937
Contenido de agua	w	19,15	17,47	16,06
Densidad humeda	h	1757	1765	1945
Densidad humeda	s	1475	1503	1676

<b>DESPUES DE LA INMERSION</b>							
		ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO
<b>HUMEDAD</b>	Nº recipiente	Q3	X1	C7	X3	C4	C12
	Wh + r	74,4	78,8	94,2	82,2	82	91,6
	Ws + r	60,3	65,3	74,9	68,5	66,2	77,3
	Ww	14,1	13,5	19,3	13,7	15,8	14,3
	r	16,41	16,55	17,42	16,88	16,93	18,16
	Ws	43,89	48,75	57,48	51,62	49,27	59,14
	w (%)	32,13	27,69	33,58	26,54	32,07	24,18
<b>Promedio w (%)</b>		29,91		30,06		28,12	
Molde + suelo humedo	p	10,41		10,38		10,681	
Molde		6,009		5,855		5,946	
Suelo humedo	W	4,40		4,524		4,735	
Suelo seco	Ws	3,385		3,478		3,696	
Contenido de agua	w	32,13		33,58		32,07	
Densidad humeda	h	1887		1923		2016	
Densidad seca	s	1452		1479		1573	

<b>HINCHAMIENTO</b>			
Lectura inicial		0,065	0,089
24 horas		1,051	2,021
48 horas		1,054	2,038
72 horas		1,060	2,038
96 horas			
HINCHAMIENTO %		21,9	42,8

CBR	%		
Densidad seca	ys	1475	1503

Laboratorista: Danny Zavala Guanoluisa Cesar Zambrano Vera	Revisado: Ing. Lucrecia Moreno Responsable: Ing. Nelson Alvarez	Fecha toma de muestra : 4 de Octubre del 2018	Fecha Ensayo: 25 de Octubre del 2018
--	--	--	---



**Universidad Estatal Península de Santa Elena**  
**Facultad de Ciencias de La Ingeniería**  
**Carrera de Ingeniería Civil**



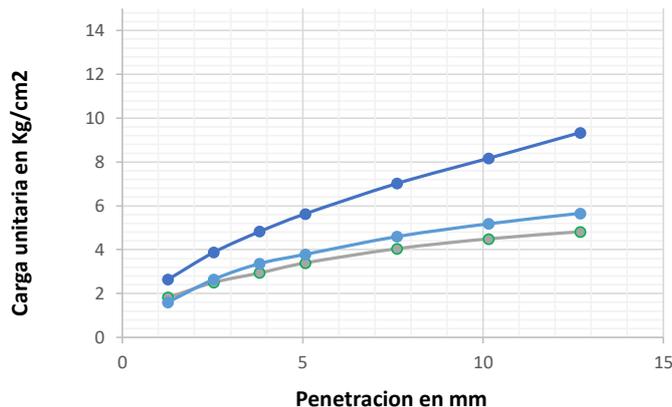
<b>C.B.R - PENETRACION</b>			
<b>Proyecto:</b>	Estudio de Suelo y estabilizacion del material granular existente con emulsion asfaltica para diseño de pavimento flexible	<b>Muestra # 2:</b>	<b>TERRENO NATURAL</b>
<b>Tesistas:</b>	Danny Zavala - Cesar Zambrano	<b>Coordenadas</b>	<b>Norte:</b> 9792495
<b>Ubicación:</b>	Vía Libertador Bolívar - Sitio Nuevo		<b>Este:</b> 530359

MOLDE N°-	XIV	XV	XVII		
<b>PESO MOLDE</b>	6,009	5,855	5,946	<b>PESO DEL MARTILLO:</b>	10 Lb
<b>VOLUMEN MOLDE</b>	0,00233061	0,00235201	0,00234879	<b>ALTURA DEL MARTILLO:</b>	18 "
<b>No DE GOLPES CAPA</b>	12	25	56		

NUMERO DE ENSAYO	1	2	3	1	2	3

Tamiz ASTM Abertura /N°	<b>CARGA DE PENETRACION EN Lb</b>			<b>CARGA DE PENETRACION EN Kg</b>		
1,27 mm (0.05")	77,66	68,64	112,86	35,3	31,2	51,3
2,54 mm (0.10")	106,92	113,08	165,66	48,6	51,4	75,3
3,81 mm (0.15")	125,40	143,66	205,92	57	65,3	93,6
5,08 mm (0.20")	144,98	161,70	240,68	65,9	73,5	109,4
7,62 mm (0.30")	172,70	196,24	299,64	78,5	89,2	136,2
10,16 mm (0.40")	191,84	221,10	348,70	87,2	100,5	158,5
12,70 mm (0.50")	205,70	241,56	398,64	93,5	109,8	181,2

Tamiz ASTM Abertura /N°	<b>CARGA DE PENETRACION EN Lb/pulg2</b>			<b>CARGA DE PENETRACION EN Kg/cm2</b>		
1,27 mm (0.05")	25,83	22,83	37,54	1,820	1,609	2,645
<b>2,54 mm (0.10")</b>	<b>35,57</b>	<b>37,61</b>	<b>55,10</b>	<b>2,506</b>	<b>2,650</b>	<b>3,882</b>
3,81 mm (0.15")	41,71	47,79	68,50	2,939	3,367	4,826
<b>5,08 mm (0.20")</b>	<b>48,23</b>	<b>53,79</b>	<b>80,06</b>	<b>3,398</b>	<b>3,790</b>	<b>5,640</b>
7,62 mm (0.30")	57,45	65,28	99,67	4,047	4,599	7,022
10,16 mm (0.40")	63,81	73,55	115,99	4,496	5,182	8,172
12,70 mm (0.50")	68,42	80,35	132,60	4,821	5,661	9,342



N° de Golpes	Esfuerzo de penetracion	
	0.10 pulg	0.20 pulg
12	2,506	3,398
25	2,650	3,790
56	3,882	5,640

C.B.R	%	
12	3,56	3,22
25	3,76	3,59
56	5,51	5,34

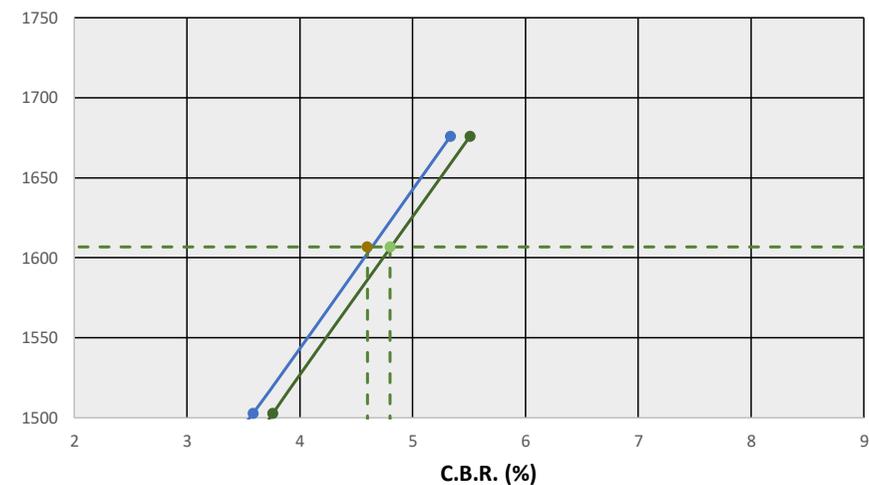
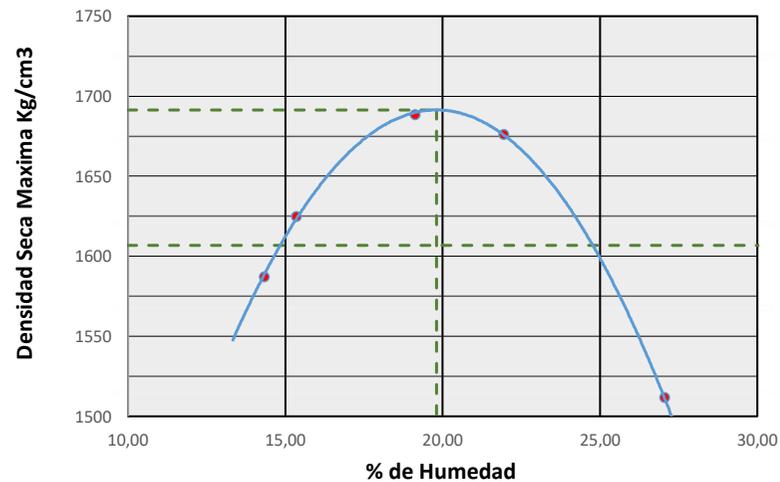
<b>Laboratorista:</b> Danny Zavala Guanoluisa Cesar Zambrano Vera	<b>Revisado:</b> Ing. Lucrecia Moreno <b>Responsable:</b> Ing. Nelson Alvarez	<b>Fecha de toma de muestra:</b> 4 de Octubre del 2018	<b>Fecha de ensayo:</b> 25 de Octubre del 2018
---	--	---	---



**Universidad Estatal Península de Santa Elena**  
**Facultad de Ciencias de La Ingeniería**  
**Carrera de Ingeniería Civil**



RELACION DE GRAFICO DE PROCTOR Y CBR			
<b>Proyecto:</b>	Estudio de Suelo y estabilizacion del material granular existente con emulsion asfaltica para diseño de pavimento flexible	<b>Muestra # 2:</b>	<b>TERRENO NATURAL</b>
<b>Tesistas:</b>	Danny Zavala - Cesar Zambrano	<b>Coordenadas</b>	<b>Norte:</b> 9792495
<b>Ubicación:</b>	Via Libertador Bolivar - Sitio Nuevo		<b>Este:</b> 530359



**Densidad seca Max =** 1691,36 Kg/m3  
**Humedad optima =** 19,80 %  
**95 % Densidad seca Max =** 1607 Kg/m3

**CBR para 0,10" :** 4,60 %  
**CBR para 0,20" :** 4,80 %

Nº Golpes / capa	Densidad Kg/ m3	Carga Unitaria Kg/m2		Carga Unitaria Patron Kg/m2		C.B.R %		Expansión %
		0,10"	0,20"	0,10"	0,20"	0,10"	0,20"	
12	1475	2,506	3,398	70,45	105,68	3,56	3,22	21,9
25	1503	2,650	3,790	70,45	105,68	3,76	3,59	42,8
56	1676	3,882	5,640	70,45	105,68	5,51	5,34	22,4

<b>Laboratorista:</b> Danny Zavala Guanoluiza Cesar Zambrano Vera	<b>Revisado:</b> Ing. Lucrecia Moreno <b>Responsable:</b> Ing. Nelson Alvarez	<b>Fecha de toma de muestra:</b> 4 de Octubre del 2018	<b>Fecha Ensayo:</b> 25 de Octubre del 2018
---	--	---	--



**Universidad Estatal Península de Santa Elena**  
**Facultad de Ciencias de La Ingeniería**  
**Carrera de Ingeniería Civil**



<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>			
<b>Proyecto:</b>	Estudio de Suelo y estabilización del material granular existente con emulsión asfáltica para diseño de pavimento flexible	<b>Muestra # 3 :</b>	<b>TERRENO NATURAL</b>
<b>Tesistas:</b>	Danny Zavala - Cesar Zambrano	<b>Coordenadas</b>	<b>Norte:</b> 9792495
<b>Ubicación:</b>	Vía Libertador Bolívar - Sitio Nuevo		<b>Este:</b> 530359

<b>RECIPIENTE #</b>	JL
<b>MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA HUMEDA (P1)</b>	74,79
<b>MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA SECA (P2)</b>	67,94
<b>MASA DE RECIPIENTE (P4)</b>	16,57

<b>% DE HUMEDAD</b>	13,33
---------------------	-------

<b>Laboratorista:</b> Danny zavala Guanoluisa Cesar Zambrano Vera	<b>Revisado:</b> Ing. Lucrecia Moreno <b>Responsable:</b> Ing. Nelson Alvarez	<b>Fecha de toma de muestra:</b> 4 de Octubre del 2018	<b>Fecha ensayo:</b> 5 de Octubre del 2018
---	--	---	---



**Universidad Estatal Península de Santa Elena**  
**Facultad de Ciencias de La Ingeniería**  
**Carrera de Ingeniería Civil**



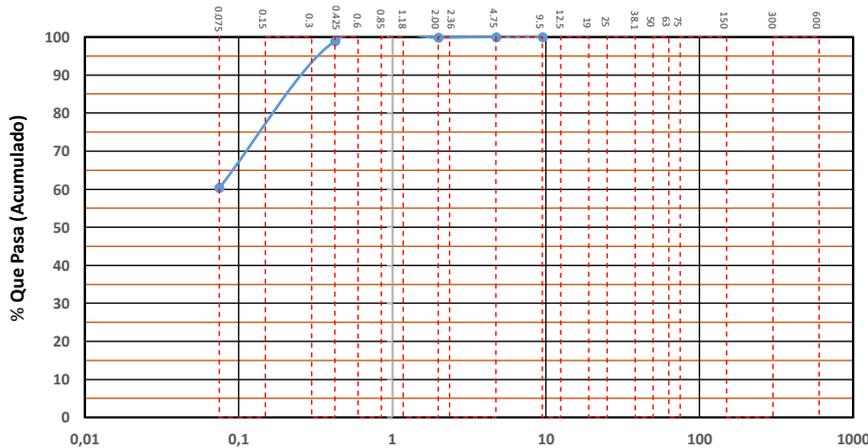
DETERMINACION DE LA DISTRIBUCION GRANULOMETRICA DE SUELOS Y AGREGADOS GRUESOS Y FINOS			
<b>Proyecto:</b>	Estudio de Suelo y estabilizacion del material granular existente con emulsion asfaltica para diseño de pavimento flexible	<b>Muestra # 3:</b>	<b>TERRENO NATURAL</b>
<b>Tesistas:</b>	Danny Zavala - Cesar Zambrano	<b>Coordenadas</b>	<b>Norte:</b> 9792495
<b>Ubicación:</b>	Via Libertador Bolivar - Sitio Nuevo		<b>Este:</b> 530359

Ensayo de Contenido de Humedad	Material Serie	
	Gruesa	Fina
Resipiente N°		JL
Masa de Recipiente + Muestra Humeda (P1)		74,79
Masa de Recipiente + Muestra Seca (P2)		67,94
Masa de Agua (P3 = P1 -P2)		6,85
Masa de Recipiente (P4)		16,57
Masa de Muestra Seca (P5= P2-P4)		51,37
% de Humedad (W= P3 × 100 ÷ P5)		13,33

SERIE GRUESA				
Tamiz ASTM	Abertura / N°.	Masa Retenida		% Pasante acumulado
		Parcial	Acumulada	
600 mm.	24 "			
300 mm.	12 "			
150 mm.	6 "			
75 mm.	3 "	0	0	100,00
63 mm.	2 1/2"	0	0,0	100,00
50 mm.	2 "	0	0,0	100,00
38,1 mm.	1 1/2"	0	0,0	100,00
25 mm.	1 "	0	0,0	100,00
19 mm.	3/4"	0	0,0	100,00
12,5 mm.	1/2"	0	0,0	100,00
9,5 mm.	3/8"	0	0,0	100,00
4,75 mm.	No.4	0	0,0	100,00
Pasa No. 4			58 gr.	

SERIE FINA					
Tamiz ASTM	Abertura / N°.	Masa Retenida		% Pasante acumulado	% Pasante corregido
		Parcial	Acumulada		
2,36 mm.	No. 8				
2 mm.	No. 10	0,1	0,1	99,81	99,81
1,18 mm.	No. 16				
0,85 mm.	No. 20				
0,60 mm.	No. 30				
0,425 mm.	No. 40	0,44	0,54	98,95	98,95
0,3 mm.	No. 50				
0,15 mm.	No. 100				
0,075 mm.	No. 200	19,86	20,4	60,29	60,29
Pasa No. 200					
Masa inicial del material para lavado =			58 gr.		
Masa inicial del material para lavado =			51,4 gr.		
Masa Total del Material utilizado para el ensayo (gr)				58,2	

**CURVA DE DISTRIBUCION GRANULOMETRICA**  
**TAMICES ASTM (Abertura en Milímetros)**



Distribucion del Tamaño de las Particulas Valores expresados en porcentajes			
Pedron Rodado (>12")			0,0
Canto Rodado (12"-3")			0,0
Grava (3"-N°4)	Gruesa (3"-3/4")	0,00	0,0
	Fina (3/4"-N°4)	0,0	
Arena (N°4-N°200)	Gruesa (N°4-N°10)	0,2	39,7
	Media (N°10-N°40)	0,9	
	Fina (N°40-N°200)	38,7	
Finos (>N°200)			60,29

Condiciones de Filtro	
D15 =	Cu =
D30 =	
D60 =	Cc =
Cu ≥ 4	
1 > Cc > 3	

Laboratorista: Danny Zavala Guanoluiza Cesar Zambrano Vera	Revisado: Ing. Lucrecia Morena Responsable: Ing. Nelson Alvarez	Fecha de toma de muestra : 4 de Octubre del 2018	Fecha Ensayo: 25 de Octubre del 2018
--	--	---	---



**Universidad Estatal Península de Santa Elena**  
**Facultad de Ciencias de La Ingeniería**  
**Carrera de Ingeniería Civil**



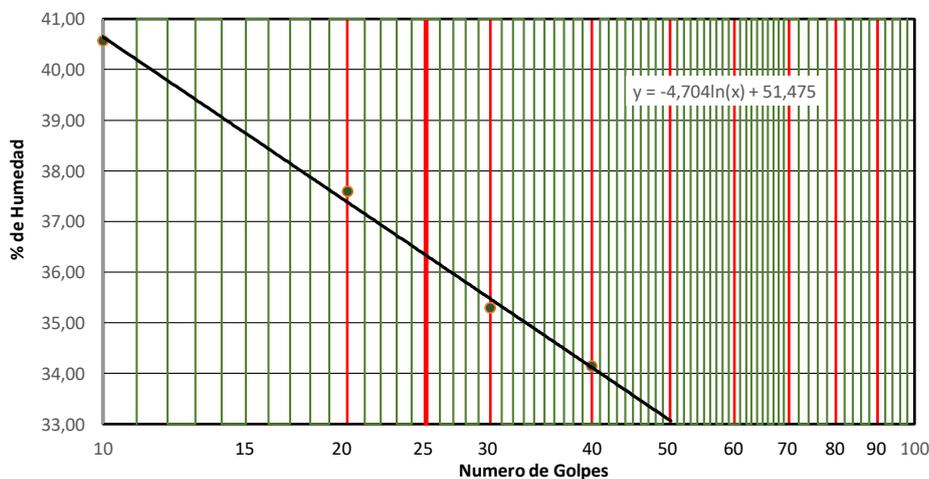
**DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS**

<b>Proyecto:</b>	Estudio de Suelo y estabilizacion del material granular existente con emulsion asfaltica para diseño de pavimento flexible	<b>Muestra # 3:</b>	<b>TERRENO NATURAL</b>	
<b>Tesistas:</b>	Danny Zavala - Cesar Zambrano	<b>Coordenadas</b>	<b>Norte:</b>	9792495
<b>Ubicación:</b>	Via Libertador Bolivar - Sitio Nuevo		<b>Este:</b>	530359

DATOS DEL ENSAYO							
RECIPIENTE #	12	9	3	N4			
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA HUMEDA ( P1)	18,32	21,29	21,14	22,40			
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA SECA ( P2)	15,76	18,05	18,03	19,06			
MASA DE AGUA ( P3 = P1 -P2 )	2,56	3,24	3,11	3,34			
MASA DE RECIPIENTE ( P4)	9,45	9,43	9,22	9,28			
MASA DE MUESTRA SECA ( P5 = P2- P4 )	6,31	8,62	8,81	9,78			
% DE HUMEDAD ( W = P3* 100 ÷ P5 )	40,57	37,60	35,30	34,15			
# DE GOLPES	10	20	30	40			

DATOS DEL ENSAYO				
RECIPIENTE #	6	4	W5	
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA HUMEDA ( P1)	17,20	17,17	17,23	
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA SECA ( P2)	15,52	15,55	15,67	
MASA DE AGUA ( P3 = P1 -P2 )	1,68	1,62	1,56	
MASA DE RECIPIENTE ( P4)	9,31	9,23	9,71	
MASA DE MUESTRA SECA ( P5 = P2- P4 )	6,21	6,32	5,96	
% DE HUMEDAD ( W = P3* 100 ÷ P5 )	27,05	25,63	26,17	

SEGUN LA CARTA DE LA COMPOSICION MINERALOGICA EN LA PLASTICIDAD (DAY, 1999)



RESULTADOS	
LIMITE LIQUIDO =	<b>36,33</b>
LIMITE PLASTICO=	<b>26,29</b>
INDICE DE PLASTICIDAD=	<b>10,05</b>
CLASIFICACION SEGÚN CARTA DE PLASTICIDAD ASTM D-2487 SUCS	
ML	

<b>Laboratorista:</b> Danny Zavala Guanoluisa Cesar Zambrano Vera	<b>Revisado:</b> Ing. Lucrecia Moreno <b>Responsable:</b> Ing. Nelson Alvarez	<b>Fecha de toma de muestra :</b> 4 de Octubre del 2018	<b>Fecha Ensayo:</b> 25 de Octubre del 2018
---	--	--	--



**Universidad Estatal Península de Santa Elena**  
**Facultad de Ciencias de La Ingeniería**  
**Carrera de Ingeniería Civil**



**C.B.R - DENSIDADES**

<b>Proyecto:</b>	Estudio de Suelo y estabilización del material granular existente con emulsión asfáltica para diseño de pavimento flexible	<b>Muestra # 3 :</b>	<b>TERRENO NATURAL</b>	
<b>Tesistas:</b>	Danny Zavala - Cesar Zambrano	<b>Coordenadas</b>	<b>Norte:</b>	9792495
<b>Ubicación:</b>	Via Libertador Bolívar - Sitio Nuevo		<b>Este:</b>	530359

MOLDE Nº-	II				
PESO MOLDE	5,943			PESO DEL MARTILLO	10Lb
VOLUMEN MOLDE	0,0023446			ALTURA DEL MOLDE	18 "
No DE GOLPES CAPA	TN				

Nº de ensayo		1	2	3
<b>ANTES DE LA INMERSION</b>				
		TN		
<b>HUMEDAD</b>	Nº recipiente	0		
	Wh + r	84		
	Ws + r	76		
	Ww	8,29		
	r	15,72		
	Ws	60,45		
	w (%)	13,71		
MOLDE DE NUMERO		II		
Molde + suelo humedo	p	9,148		
Molde		5,943		
Suelo humedo	W	3,205		
Suelo seco= 100w/(100+W)	Ws	2,818		
Contenido de agua	w	13,71		
Densidad humeda	h	1367		
Densidad humeda	s	1202		

<b>DESPUES DE LA INMERSION</b>							
		ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO
<b>HUMEDAD</b>	Nº recipiente	JL	F				
	Wh + r	116,7	109,76				
	Ws + r	90,91	87,05				
	Ww	25,79	22,71				
	r	16,57	17,09				
	Ws	74,34	69,96				
	w (%)	34,69	32,46				
<b>Promedio w (%)</b>		33,58					
Molde + suelo humedo	p	9,708					
Molde		5,943					
Suelo humedo	W	3,77					
Suelo seco	Ws	2,819					
Contenido de agua	w	34,69					
Densidad humeda	h	1606					
Densidad seca	s	1202					

<b>HINCHAMIENTO</b>			
Lectura inicial		0,011	
24 horas		0,015	
48 horas		0,017	
72 horas		0,095	
96 horas			
HINCHAMIENTO %		1,8	

CBR	%		
Densidad seca	ys	1202	

<b>Laboratorista:</b> Danny Zavala Guanoluisa Cesar Zambrano Vera	<b>Revisado:</b> Ing. Lucrecia Moreno <b>Responsable:</b> Ing. Nelson Alvarez	<b>Fecha toma de muestra :</b> 4 de Octubre del 2018	<b>Fecha Ensayo:</b> 25 de Octubre del 2018
---	--	---	--



**Universidad Estatal Península de Santa Elena**  
 Facultad de Ciencias de La Ingeniería  
 Carrera de Ingeniería Civil



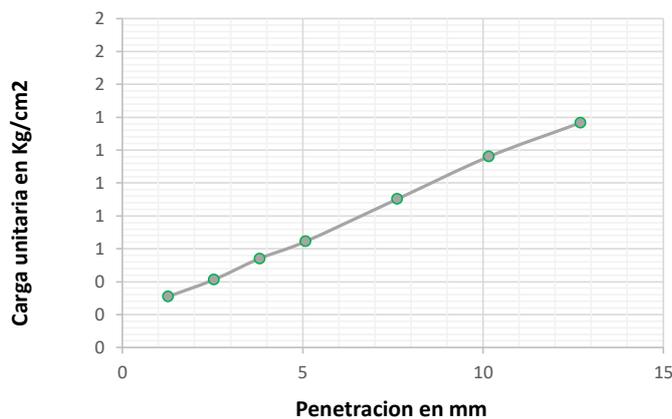
<b>C.B.R - PENETRACION</b>			
<b>Proyecto:</b>	Estudio de Suelo y estabilizacion del material granular existente con emulsion asfaltica para diseño de pavimento flexible	<b>Muestra # 3:</b>	<b>TERRENO NATURAL</b>
<b>Tesistas:</b>	Danny Zavala - Cesar Zambrano	<b>Coordenadas</b>	<b>Norte:</b> 9792495
<b>Ubicación:</b>	Via Libertador Bolivar - Sitio Nuevo		<b>Este:</b> 530359

<b>MOLDE Nº-</b>	XIV				
<b>PESO MOLDE</b>	5,943			<b>PESO DEL MARTILLO:</b>	10 Lb
<b>VOLUMEN MOLDE</b>	0,0023446			<b>ALTURA DEL MARTILLO:</b>	18 "
<b>No DE GOLPES CAPA</b>	TN				

NUMERO DE ENSAYO	1	2	3	1	2	3
------------------	---	---	---	---	---	---

Tamiz ASTM Abertura /Nº	<b>CARGA DE PENETRACION EN Lb</b>			<b>CARGA DE PENETRACION EN Kg</b>		
1,27 mm (0.05")	13,20			6,0		
2,54 mm (0.10")	17,60			8,0		
3,81 mm (0.15")	23,10			10,5		
5,08 mm (0.20")	27,50			12,5		
7,62 mm (0.30")	38,50			17,5		
10,16 mm (0.40")	49,50			22,5		
12,70 mm (0.50")	58,30			26,5		

Tamiz ASTM Abertura /Nº	<b>CARGA DE PENETRACION EN Lb/pulg<sup>2</sup></b>			<b>CARGA DE PENETRACION EN Kg/cm<sup>2</sup></b>		
1,27 mm (0.05")	4,39			0,309		
<b>2,54 mm (0.10")</b>	<b>5,85</b>			<b>0,412</b>		
3,81 mm (0.15")	7,68			0,541		
<b>5,08 mm (0.20")</b>	<b>9,15</b>			<b>0,644</b>		
7,62 mm (0.30")	12,81			0,902		
10,16 mm (0.40")	16,47			1,160		
12,70 mm (0.50")	19,39			1,366		



Nº de Golpes	Esfuerzo de penetracion	
	0.10 pulg	0.20 pulg
TN	0,41	0,64

C.B.R	%	
TN	0,59	0,61

<b>Laboratorista:</b> Danny Zavala Guanoluisa Cesar Zambrano Vera	<b>Revisado:</b> Ing. Lucrecia Moreno <b>Responsable:</b> Ing. Nelson Alvarez	<b>Fecha de toma de muestra:</b> 4 de Octubre del 2018	<b>Fecha de ensayo:</b> 25 de Octubre del 2018
---	--	---	---



## RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO



<b>PROYECTO:</b> Estudio de Suelo y estabilización del material granular existente con emulsion asfáltica para diseño de pavimento flexible									
<b>CALICATA #</b> : 2		<b>Tesistas:</b> Danny Erwin Zavala Guanoluisa		<b>Fecha inicio de ensayos</b> : 5 de Octubre del 2018		<b>Coordenadas</b> : Norte: 9792310			
<b>Ubicación:</b> Via Libertador Bolívar - Sitio Nuevo		Cesar Antonio Zambrano Vera		<b>Fecha de fin de ensayos:</b> 30 de octubre del 2018		Este: 531314			

DESCRIPCION	ESTRATIGRAFIA	MUESTRA		CLASIFICACION		W	LL	LP	IP	PROCTOR		GRANULOMETRIA				PROPIEDADES INDICE			AASTHO	CORRELACION	
		#	Prof.	SUCS	AASTHO	%	%	%	%	ys	w opt	No.4	No.10	No.40	No.200	CBR	I.L	C.R	C.c	$\frac{W_L}{IP} \geq 2.5$	(Su/σ'vo)NC
						%	%	%	%	Kg/m3	%					%					
GRAVAS LIMOSA Y ARENOSA DE COLOR GRIS		1	0,15	GM-GW	A-2-4	11,86	28,14	22,43	5,71	1790,35	14,54	34,54	28,62	21,07	10,53	21,15	-1,8514	2,8514	0,1632	4,9303	0,13
ARENAS ARCILLOSAS, MEZCLA DE ARENA Y ARCILLA DE COLOR AMARILLENTO CLARO.		2	0,60	SC	A-4	12,99	29,94	21,95	8,00	1741,58	15,68	94,78	92,75	90,61	44,80	19,90	-1,1196	2,1196	0,1795	3,7446	0,14
ARENAS ARCILLOSAS, MEZCLA DE ARENA Y ARCILLA DE COLOR BLANCO HUESO.		3	0,10	SC	A-4	11,61	29,56	22,47	7,09	1737,52	15,22	100,00	99,05	96,00	38,81	22,46	-1,5328	2,5328	0,1761	4,1697	0,14
ARCILLA DE MEDIA PLASTICIDAD DE COLOR CAFÉ OSCURO.		4	0,65	OL	A-7-6	15,57	41,25	26,58	14,66	-	-	100,00	99,92	99,64	66,28	2,38	-0,7511	1,7511	0,2812	2,8129	0,16

$$IL = \frac{(W - W_p)}{IP}$$

En los suelos plasticos el indice de liquidez es indicativo de la historia de los esfuerzos a la que ha estado sometido el suelo en donde:

IL=0, el suelo estara consolidado (OC)  
 0,7 < IL < 1, el suelo estara normalmente consolidado (NC)  
 IL > 1, el suelo es sensitivo

Correlacion:  
 $(Su/\sigma'vo)NC = 0,11 + 0,0037 * IP(\%)$

Suelos normalmente consolidados, OCR = 1

Decrecimiento del contenido de agua  
 Incremento del OCR, Ko  
 Incremento de resistencia, modulos de deformacion  
 Decrecimiento de la compresibilidad  
 Decrecimiento LI (Indice de liquidez)

NC= Normalmente consolidada  
 LOC= Ligeramente sobreconsolidado  
 HOC= Altamente sobreconsolidado  
 OCR= Relacion de sobreconsolidado =  $\frac{\sigma_{\bar{o}}}{\sigma'_{vo}}$   
 $\sigma_p = \sigma_o$   
 $\bar{\sigma}_{vo}$ = Esfuerzo vertical efectivo de campo  
 $\bar{\sigma}_{ho}$ = Esfuerzo horizontal efectivo de campo  
 Ko= Coeficiente de presion de tierra en reposo =  $\frac{\sigma_{ho}}{\bar{\sigma}_{vo}}$

**Variacion cualitativa de los parametros que definen el comportamiento mecanico de los suelos finos ante posibles cambios de sus estados de consistencia, EPRL**

**Terzaghi & Peck, 1967**

$C_c = 0,009 \times (LL - 10)$

La compresibilidad de los suelos puede expresarse:

Baja: Cc de 0,00 a 0,19  
 Media: Cc de 0,20 a 0,39  
 Alta: Cc de 0,40 a mas

**Consistencia Relativa (C.R)**

C.R entre 0,00 a 0,25 Suelo muy Suave  
 C.R entre 0,25 a 0,50 Suelo Suave  
 C.R entre 0,50 a 0,75 Consistencia Media  
 C.R entre 0,75 a 1,00 Consistencia Rígida  
 LL>50% Se puede decir que la arcilla es expansiva  
 o  
 (LL/LP)<2.5 Tipo de suelo:  
 CH A-7-6 SUCS AASTHO



Universidad Estatal Península de Santa Elena  
Facultad de Ciencias de La Ingeniería  
Carrera de Ingeniería Civil



DETERMINACION DE LA ABRASION DE LOS ANGELES			
<b>Proyecto:</b>	Estudio de Suelo y estabilizacion del material granular existente con emulsion asfaltica para diseño de pavimento flexible	<b>Muestra # 1 :</b>	<b>RELLENO</b>
<b>Tesistas:</b>	Danny zavala - Cesar Zambrano	Coordenadas	NORTE: 9792310
<b>Ubicación:</b>	Libertador Bolivar - Sitio Nuevo		ESTE: 531314

<b>FORMULA</b>	$\% \text{ DE PERDIDA} = \frac{PI - Pt}{PI}$ <p>PI= Peso antes del ensayo Pt= Peso despues de tamizar por N°12</p>
----------------	--

**Metodo :** 3

12 N° de Esferas, 1000 N° de revoluciones, 30 minutos de tiempo de rotacion

TAMIZ		PESO ANTES DEL ENSAYO	PESO DESPUES POR TAMIZ No 12 (gr)	% DE PERDIDA
PASA	RETIENE			
1 1/2"	1"	5000 ±25		
1"	3/4"	5000 ±25		
		10000	8540	14,6%

**% perdida = 14,6%**

Observaciones :

Laboratorista: Danny zavala Guanoluisa Cesar Zambrano Vera	Revisado: Ing. Lucrecia Moreno Responsable: Ing. Nelson Alvarez	Fecha de toma de muestra: 4 de Octubre del 2018	Fecha de ensayo: 5 de Noviembre del 2018
--	--	--	---



Universidad Estatal Península de Santa Elena  
Facultad de Ciencias de La Ingeniería  
Carrera de Ingeniería Civil



CONTENIDO DE HUMEDAD			
<b>Proyecto:</b>	Estudio de Suelo y estabilizacion del material granular existente con emulsion asfaltica para diseño de pavimento flexible	<b>Muestra # 1 :</b>	<b>RELLENO</b>
<b>Tesistas:</b>	Danny Zavala - Cesar Zambrano	<b>Coordenadas</b>	<b>Norte:</b> 9792310
<b>Ubicación:</b>	Via Libertador Bolivar - Sitio Nuevo		<b>Este:</b> 531314

<b>RECIPIENTE #</b>	F	
<b>MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA HUMEDA (P1)</b>	726,00	
<b>MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA SECA (P2)</b>	659,00	
<b>MASA DE RECIPIENTE (P4)</b>	94,25	
<b>% DE HUMEDAD</b>		11,86

<b>Laboratorista:</b> Danny zavala Guanoluisa Cesar Zambrano Vera	<b>Revisado:</b> Ing. Lucrecia Moreno <b>Responsable:</b> Ing. Nelson Alvarez	<b>Fecha de toma de muestra:</b> 4 de Octubre del 2018	<b>Fecha ensayo:</b> 5 de Octubre del 2018
---	--	---	---



**Universidad Estatal Península de Santa Elena**  
**Facultad de Ciencias de La Ingeniería**  
**Carrera de Ingeniería Civil**



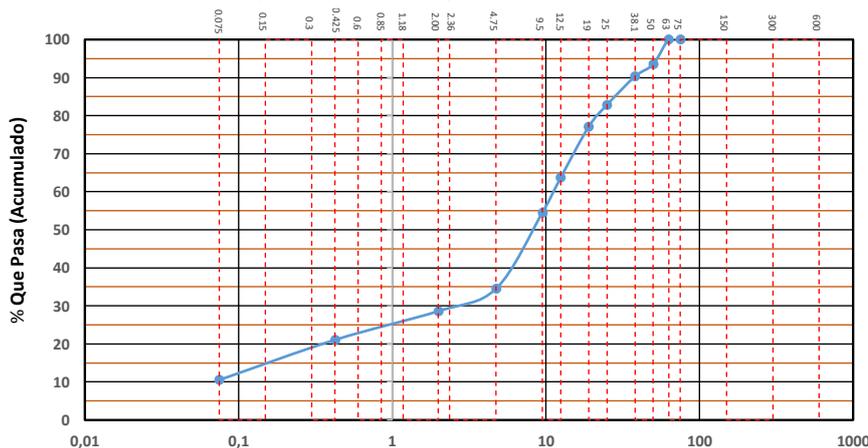
DETERMINACION DE LA DISTRIBUCION GRANULOMETRICA DE SUELOS Y AGREGADOS GRUESOS Y FINOS			
<b>Proyecto:</b>	Estudio de Suelo y estabilizacion del material granular existente con emulsion asfaltica para diseño de pavimento flexible	<b>Muestra # 1:</b>	<b>Relleño</b>
<b>Tesistas:</b>	Danny Zavala - Cesar Zambrano	<b>Coordenadas</b>	<b>Norte:</b> 9792310
<b>Ubicación:</b>	Via Libertador Bolivar - Sitio Nuevo		<b>Este:</b> 531314

Ensayo de Contenido de Humedad	Material Serie	
	Gruesa	Fina
Resipiente N°	M	B
Masa de Recipiente + Muestra Humeda (P1)	879,00	647,00
Masa de Recipiente + Muestra Seca (P2)	837,00	596,00
Masa de Agua (P3 = P1 - P2)	42	51,00
Masa de Recipiente (P4)	93,99	95,00
Masa de Muestra Seca (P5= P2-P4)	743,01	501
% de Humedad (W= P3 x 100 ÷ P5)	5,65	10,18

SERIE GRUESA				
Tamiz ASTM / N°.	Abertura / N°.	Masa Retenida		% Pasante acumulado
		Parcial	Acumulada	
600 mm.	24 "			
300 mm.	12 "			
150 mm.	6 "			
75 mm.	3 "	0	0	100,00
63 mm.	2 1/2"	0	0,0	100,00
50 mm.	2 "	646	611,4	93,51
38,1 mm.	1 1/2"	318	912,4	90,32
25 mm.	1 "	745	1617,6	82,84
19 mm.	3/4"	575	2161,8	77,06
12,5 mm.	1/2"	1329	3419,7	63,72
9,5 mm.	3/8"	913	4283,8	54,55
4,75 mm.	No.4	1992	6169,3	34,54
Pasa No. 4		3587	3255,592391	

SERIE FINA					
Tamiz ASTM / N°.	Abertura / N°.	Masa Retenida		% Pasante acumulado	% Pasante corregido
		Parcial	Acumulada		
2,36 mm.	No. 8				
2 mm.	No. 10	46,68	46,68	82,86	28,62
1,18 mm.	No. 16				
0,85 mm.	No. 20				
0,60 mm.	No. 30				
0,425 mm.	No. 40	59,54	106,22	60,99	21,07
0,3 mm.	No. 50				
0,15 mm.	No. 100				
0,075 mm.	No. 200	83,06	189,28	30,48	10,53
Pasa No. 200					
Masa inicial del material para lavado =		300 gr.			
Masa inicial del material para lavado =		272,3 gr.			
Masa Total del Material utilizado para el ensayo (gr)				9424,9	

**CURVA DE DISTRIBUCION GRANULOMETRICA**  
**TAMICES ASTM (Abertura en Milímetros)**



Distribucion del Tamaño de las Particulas Valores expresados en porcentajes			
Pedron Rodado (>12")			0,0
Canto Rodado (12"-3")			0,0
Grava (3"-N°4)	Gruesa (3"-3/4")	22,94	65,5
	Fina (3/4"-N°4)	42,5	
Arena (N°4-N°200)	Gruesa (N°4)	5,9	24,0
	Media (N°10-N°40)	7,6	
	Fina (N°40-N°200)	10,5	
Finos (>N°200)			10,53

Condiciones de Filtro			
D15 =	0,223	Cu =	48,30
D30 =	2,288		
D60 =	10,795	Cc =	2,17
		Cu ≥ 4	SI CUMPLE
		1 > Cc > 3	SI CUMPLE

Laboratorista: Danny Zavala Guanoluisa Cesar Zambrano Vera	Revisado: Ing. Lucrecia Morena Responsable: Ing. Nelson Alvarez	Fecha de toma de muestra : 4 de Octubre del 2018	Fecha Ensayo: 25 de Octubre del 2018
--	--	---	---



**Universidad Estatal Península de Santa Elena**  
**Facultad de Ciencias de La Ingeniería**  
**Carrera de Ingeniería Civil**



**DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS**

<b>Proyecto:</b>	Estudio de Suelo y estabilizacion del material granular existente con emulsion asfaltica para diseño de pavimento flexible	<b>Muestra # 1:</b>	<b>RELLENO</b>	
<b>Tesistas:</b>	Danny Zavala - Cesar Zambrano	<b>Coordenadas</b>	<b>Norte:</b>	9792310
<b>Ubicación:</b>	Via Libertador Bolivar - Sitio Nuevo		<b>Este:</b>	531314

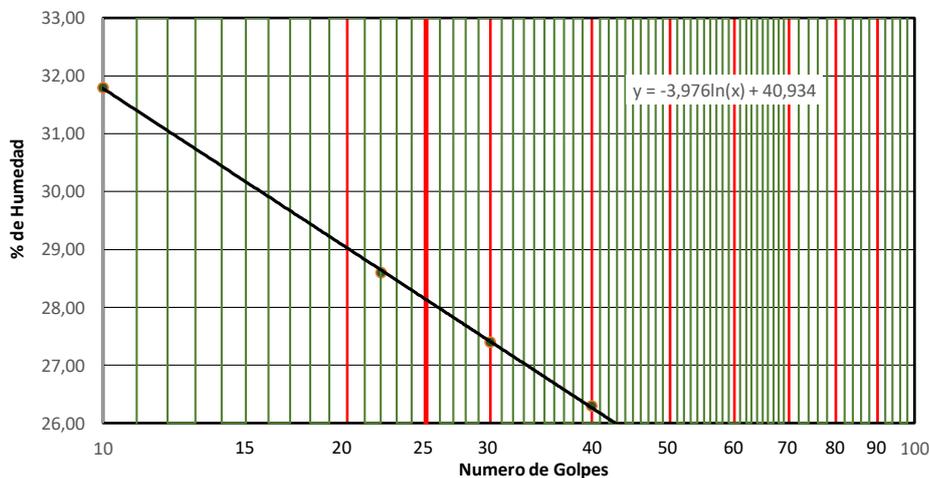
**DATOS DEL ENSAYO**

RECIPIENTE #	L2	7	L1	P1			
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA HUMEDA (P1)	22,13	26,95	26,07	28,39			
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA SECA (P2)	19,07	23,02	22,47	24,40			
MASA DE AGUA ( P3 = P1 -P2 )	3,06	3,93	3,60	3,99			
MASA DE RECIPIENTE (P4)	9,46	9,28	9,34	9,24			
MASA DE MUESTRA SECA ( P5 = P2- P4 )	9,61	13,74	13,13	15,16			
% DE HUMEDAD ( W = P3* 100 ÷ P5 )	31,80	28,60	27,40	26,30			
# DE GOLPES	10	22	30	40			

**DATOS DEL ENSAYO**

RECIPIENTE #	W6	1	P8	
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA HUMEDA (P1)	16,79	16,95	17,72	
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA SECA (P2)	15,45	15,55	16,11	
MASA DE AGUA ( P3 = P1 -P2 )	1,34	1,40	1,61	
MASA DE RECIPIENTE (P4)	9,46	9,20	9,07	
MASA DE MUESTRA SECA ( P5 = P2- P4 )	5,99	6,35	7,04	
% DE HUMEDAD ( W = P3* 100 ÷ P5 )	22,37	22,05	22,87	

SEGUN LA CARTA DE LA COMPOSICION MINERALOGICA EN LA PLASTICIDAD (DAY, 1999)



**RESULTADOS**

<b>LIMITE LIQUIDO =</b>	<b>28,14</b>
<b>LIMITE PLASTICO=</b>	<b>22,43</b>
<b>INDICE DE PLASTICIDAD=</b>	<b>5,71</b>
<b>CLASIFICACION SEGÚN CARTA DE PLASTICIDAD ASTM D-2487 SUCS</b>	
<b>GM-GW</b>	

<b>Laboratorista:</b> Danny Zavala Guanoluiza Cesar Zambrano Vera	<b>Revisado:</b> Ing. Lucrecia Moreno <b>Responsable:</b> Ing. Nelson Alvarez	<b>Fecha de toma de muestra :</b> 4 de Octubre del 2018	<b>Fecha Ensayo:</b> 25 de Octubre del 2018
---	--	--	--



# Universidad Estatal Península de Santa Elena

Facultad de Ciencias de La Ingeniería

Carrera de Ingeniería Civil



## DETERMINACION DE LA RELACION HUMEDAD - DENSIDAD DE SUELOS

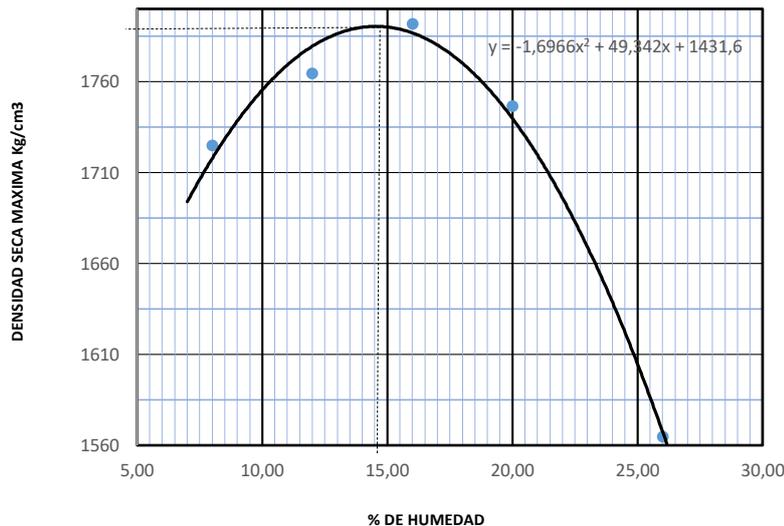
<b>Proyecto:</b>	Estudio de Suelo y estabilizacion del material granular existente con emulsion asfaltica para diseño de pavimento flexible	<b>Muestra # 1:</b>	<b>RELLENO</b>	
<b>Tesistas:</b>	Danny Zavala - Cesar Zambrano	<b>Coordenadas</b>	<b>Norte:</b>	9792310
<b>Ubicación:</b>	Libertador Bolivar - Sitio Nuevo		<b>Este:</b>	531314

PESO DEL CILINDRO (P7)	5364
VOLUMEN DEL CILINDRO (V)	2057,73
PESO DEL MARTILLO (Kg.)	4,54
ALTURA DE CAIDA DEL MARTILLO (cm.)	45,72
TIPO DE ENSAYO	Modificado
# DE CAPAS	5
# DE GOLPES POR CAPA	56

Modificado Metodo C;  
 Porcion que pasa en la malla No 3/4. Puede usarse si mas de 20% por peso del material es retenido en la malla de 9,5mm (3/4 pulg) y menos de 30% por peso es retenido en la malla de 19,00 mm (3/4 pulg).

### DATOS DEL ENSAYO

PUNTO #	1		2		3		4		5		6	
	Grueso	Fino										
<b>Material de ensayo</b>												
RECIPIENTE #	K		T		M		JG		K			
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA HUMEDA (P1)	98		95		95		140		126			
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA SECA (P2)	92		86		84		119		103			
MASA DE AGUA ( P3 = P1 - P2 )	6		8		11		20		22			
MASA DE RECIPIENTE (P4)	17		17		17		17		17			
MASA DE MUESTRA SECA ( P5 = P2- P4 )	75		69		68		102		86			
% DE HUMEDAD ( W = P3* 100 ÷ P5 )	8		12		16		20		26			
<b>% DE HUMEDAD PROMEDIO</b>	8,00		12,00		16,00		20,00		26,00			
<b>% DE HUEMEDAD AÑADIDA AL SUELO</b>	TN		150		300		500		800			
MASA DE CILINDRO + SUELO HUMEDO (P6)	9197		9430		9641		9676		9421			
MASA DE SUELO HUMEDO (P8=P6-P7)	3833		4066		4277		4312		4057			
DENSIDAD HUMEDA DEL SUELO (Dh= P8 ÷ v )	1863		1976		2078		2096		1971			
DENSIDAD SECA DEL SUELO (Ds = Dh ÷ ( 1 + w ÷100) )	1725		1764		1792		1746		1565			



RESULTADOS
Ds densidad Seca Maxima 1790 Kg./m3
% de Humedad Optima 14,5 %

<b>Laboratorista:</b> Danny Zavala Guanoluisa Cesar Zambrano Vera	<b>Revisado:</b> Ing. Lucrecia Moreno <b>Responsable:</b> Ing. Nelson Alvarez	<b>Fecha de toma de muestra :</b> 4 de Octubre del 2018	<b>Fecha Ensayo:</b> 25 de Octubre del 2018
---	--	--	--



**Universidad Estatal Península de Santa Elena**  
**Facultad de Ciencias de La Ingeniería**  
**Carrera de Ingeniería Civil**



**C.B.R - DENSIDADES**

<b>Proyecto:</b>	Estudio de Suelo y estabilización del material granular existente con emulsión asfáltica para diseño de pavimento flexible	<b>Muestra # 1 :</b>	<b>RELLENO</b>	
<b>Tesistas:</b>	Danny Zavala - Cesar Zambrano	<b>Coordenadas</b>	<b>Norte:</b>	9792310
<b>Ubicación:</b>	Vía Libertador Bolívar - Sitio Nuevo		<b>Este:</b>	531314

MOLDE Nº-	XVIII	IV	2		
PESO MOLDE	6,559	5,870	6,453	PESO DEL MARTILLO	10Lb
VOLUMEN MOLDE	0,0023374	0,00233816	0,00236735	ALTURA DEL MOLDE	18 "
No DE GOLPES CAPA	12	25	56		

Nº de ensayo		1	2	3
ANTES DE LA INMERSION				
		12 Golpes de capa	25 Golpes de capa	56 Golpes de capa
<b>HUMEDAD</b>	Nº recipiente	Q1	Y1	X
	Wh + r	164	262	227
	Ws + r	147	232	203
	Ww	17,15	29,45	24,53
	r	30,23	32,90	32,64
	Ws	116,61	199,43	170,13
	w (%)	14,71	14,77	14,42
MOLDE DE NUMERO		XVIII	IV	2
Molde + suelo humedo	p	10,943	10,362	11,250
Molde		6,559	5,870	6,453
Suelo humedo	W	4,384	4,492	4,797
Suelo seco= 100w/(100+W)	Ws	3,822	3,914	4,193
Contenido de agua	w	14,71	14,77	14,42
Densidad humeda	h	1876	1921	2026
Densidad humeda	s	1635	1674	1771

DESPUES DE LA INMERSION							
		ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO
<b>HUMEDAD</b>	Nº recipiente	W3	O	B	X2	V1	R1
	Wh + r	96,3	89,1	100,9	89,9	111,9	88,1
	Ws + r	83,9	77,8	88,9	78,6	98,3	78,3
	Ww	12,4	11,3	12	11,3	13,6	9,8
	r	16,87	16,08	16,38	16,31	16,55	16,77
	Ws	67,03	61,72	72,52	62,29	81,75	61,53
	w (%)	18,50	18,31	16,55	18,14	16,64	15,93
<b>Promedio w (%)</b>		18,40		17,34		16,28	
Molde + suelo humedo	p	10,972	10,382	11,265			
Molde		6,559	5,87	6,453			
Suelo humedo	W	4,41	4,512	4,812			
Suelo seco	Ws	3,727	3,845	4,138			
Contenido de agua	w	18,50	16,55	16,64			
Densidad humeda	h	1888	1930	2033			
Densidad seca	s	1595	1644	1748			

HINCHAMIENTO			
Lectura inicial		0,058	0,055
24 horas		0,061	0,055
48 horas		0,063	0,055
72 horas		0,063	0,055
96 horas			
HINCHAMIENTO %		0,1	0,0

CBR	%		
Densidad seca	ys	1635	1674

Laboratorista: Danny Zavala Guanoluisa Cesar Zambrano Vera	Revisado: Ing. Lucrecia Moreno Responsable: Ing. Nelson Alvarez	Fecha toma de muestra : 4 de Octubre del 2018	Fecha Ensayo: 25 de Octubre del 2018
--	--	--	---



**Universidad Estatal Península de Santa Elena**  
**Facultad de Ciencias de La Ingeniería**  
**Carrera de Ingeniería Civil**



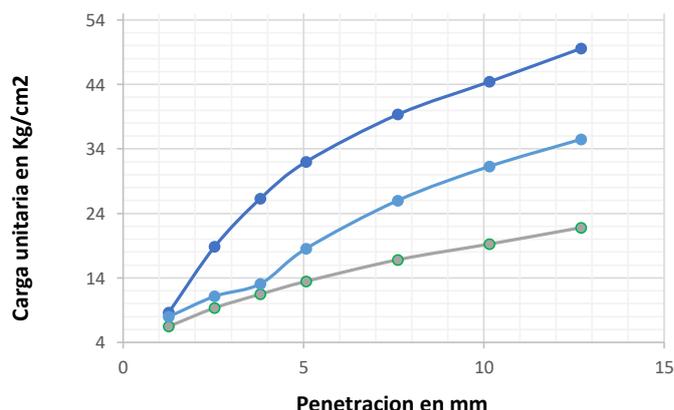
<b>C.B.R - PENETRACION</b>			
<b>Proyecto:</b>	Estudio de Suelo y estabilizacion del material granular existente con emulsion asfaltica para diseño de pavimento flexible	<b>Muestra # 1:</b>	<b>RELLENO</b>
<b>Tesistas:</b>	Danny Zavala - Cesar Zambrano	<b>Coordenadas</b>	<b>Norte:</b> 9792310
<b>Ubicación:</b>	Via Libertador Bolivar - Sitio Nuevo		<b>Este:</b> 531314

<b>MOLDE Nº-</b>	XIV	XV	XVII	<b>PESO DEL MARTILLO:</b>	10 Lb
<b>PESO MOLDE</b>	6,559	5,87	6,453	<b>ALTURA DEL MARTILLO:</b>	18 "
<b>VOLUMEN MOLDE</b>	0,0023374	0,00233816	0,00236735		
<b>No DE GOLPES CAPA</b>	12	25	56		

<b>NUMERO DE ENSAYO</b>	1	2	3	1	2	3
-------------------------	---	---	---	---	---	---

Tamiz ASTM Abertura /Nº	<b>CARGA DE PENETRACION EN Lb</b>			<b>CARGA DE PENETRACION EN Kg</b>		
1,27 mm (0.05")	276,76	341,11	370,04	125,8	155,05	168,2
2,54 mm (0.10")	398,86	475,53	804,54	181,3	216,15	365,7
3,81 mm (0.15")	489,83	558,80	1123,10	222,65	254	510,5
5,08 mm (0.20")	574,86	792,11	1366,20	261,3	360,05	621
7,62 mm (0.30")	717,75	1110,34	1679,15	326,25	504,7	763,25
10,16 mm (0.40")	821,48	1335,62	1895,63	373,4	607,1	861,65
12,70 mm (0.50")	930,27	1514,81	2115,85	422,85	688,55	961,75

Tamiz ASTM Abertura /Nº	<b>CARGA DE PENETRACION EN Lb/pulg2</b>			<b>CARGA DE PENETRACION EN Kg/cm2</b>		
1,27 mm (0.05")	92,06	113,46	123,09	6,486	7,994	8,672
<b>2,54 mm (0.10")</b>	<b>132,67</b>	<b>158,18</b>	<b>267,62</b>	<b>9,347</b>	<b>11,144</b>	<b>18,855</b>
3,81 mm (0.15")	162,93	185,88	373,58	11,479	13,096	26,320
<b>5,08 mm (0.20")</b>	<b>191,22</b>	<b>263,48</b>	<b>454,44</b>	<b>13,472</b>	<b>18,564</b>	<b>32,018</b>
7,62 mm (0.30")	238,75	369,34	558,54	16,821	26,021	39,352
10,16 mm (0.40")	273,25	444,27	630,55	19,252	31,301	44,425
12,70 mm (0.50")	309,44	503,88	703,80	21,801	35,500	49,586



Nº de Golpes	Esfuerzo de penetracion	
	0.10 pulg	0.20 pulg
12	9,347	13,472
25	11,144	18,564
56	18,855	32,018

C.B.R	%	
12	13,27	12,75
25	15,82	17,57
56	26,76	30,30

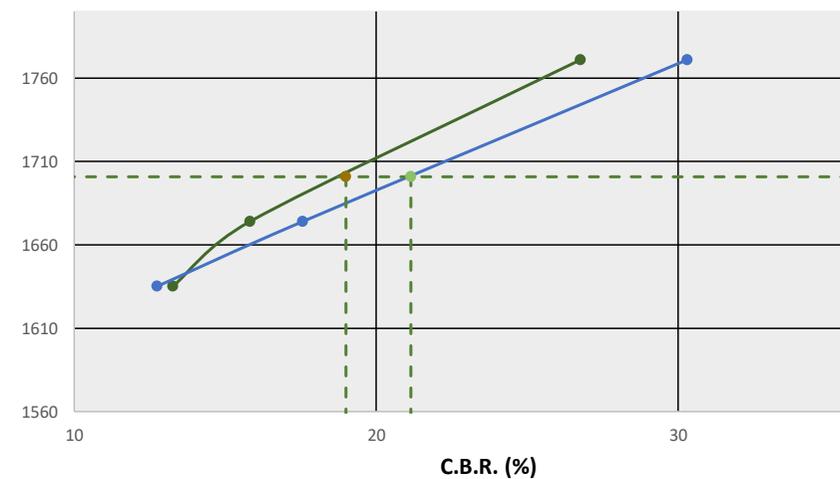
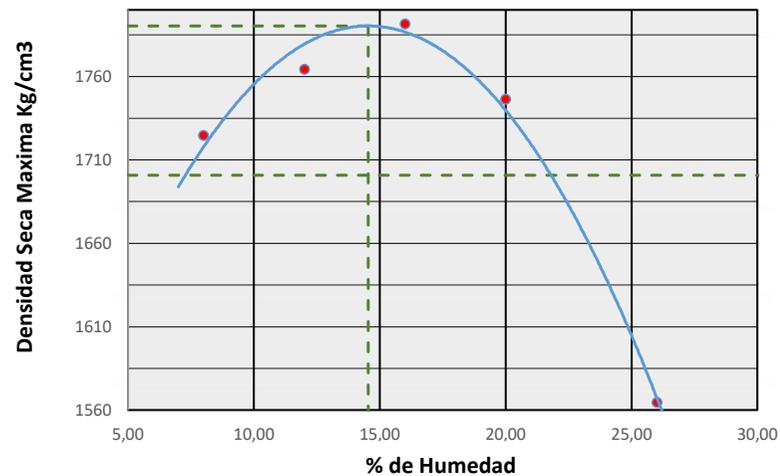
<b>Laborarista:</b> Danny Zavala Guanoluisa Cesar Zambrano Vera	<b>Revisado:</b> Ing. Lucrecia Moreno <b>Responsable:</b> Ing. Nelson Alvarez	<b>Fecha de toma de muestra:</b> 4 de Octubre del 2018	<b>Fecha de ensayo:</b> 25 de Octubre del 2018
---	--	---	---



**Universidad Estatal Península de Santa Elena**  
**Facultad de Ciencias de La Ingeniería**  
**Carrera de Ingeniería Civil**



RELACION DE GRAFICO DE PROCTOR Y CBR			
<b>Proyecto:</b>	Estudio de Suelo y estabilizacion del material granular existente con emulsion asfaltica para diseño de pavimento flexible	<b>Muestra # 1:</b>	<b>RELLENO</b>
<b>Tesistas:</b>	Danny Zavala - Cesar Zambrano	<b>Coordenadas</b>	<b>Norte:</b> 9792310
<b>Ubicación:</b>	Vía Libertador Bolívar - Sitio Nuevo		<b>Este:</b> 531314



**Densidad seca Max =** 1790,351763 Kg/m<sup>3</sup>  
**Humedad optima =** 14,54143581 %  
**95 % Densidad seca Max =** 1701 Kg/m<sup>3</sup>

**CBR para 0,10" :** 19,00 %  
**CBR para 0,20" :** 21,15 %

Nº Golpes / capa	Densidad Kg/ m <sup>3</sup>	Carga Unitaria Kg/m <sup>2</sup>		Carga Unitaria Patron Kg/m <sup>2</sup>		C.B.R %		Expansión %
		0,10"	0,20"	0,10"	0,20"	0,10"	0,20"	
12	1635	9,347	13,472	70,45	105,68	13,27	12,75	0,1
25	1674	11,144	18,564	70,45	105,68	15,82	17,57	0,0
56	1771	18,855	32,018	70,45	105,68	26,76	30,30	0,1

<b>Laboratorista:</b> Danny Zavala Guanoluisa Cesar Zambrano Vera	<b>Revisado:</b> Ing. Lucrecia Moreno <b>Responsable:</b> Ing. Nelson Alvarez	<b>Fecha de toma de muestra:</b> 4 de Octubre del 2018	<b>Fecha Ensayo:</b> 25 de Octubre del 2018
---	--	---	--



**Universidad Estatal Península de Santa Elena**  
**Facultad de Ciencias de La Ingeniería**  
**Carrera de Ingeniería Civil**



<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>			
<b>Proyecto:</b>	Estudio de Suelo y estabilizacion del material granular existente con emulsion asfaltica para diseño de pavimento flexible	<b>Muestra # 2 :</b>	<b>TERRENO NATURAL</b>
<b>Tesistas:</b>	Danny Zavala - Cesar Zambrano	<b>Coordenadas</b>	<b>Norte:</b> 9792310
<b>Ubicación:</b>	Vía Libertador Bolivar - Sitio Nuevo		<b>Este:</b> 531314

<b>RECIPIENTE #</b>	A4
<b>MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA HUMEDA (P1)</b>	77,70
<b>MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA SECA (P2)</b>	70,67
<b>MASA DE RECIPIENTE (P4)</b>	16,57

<b>% DE HUMEDAD</b>	12,99
---------------------	-------

<b>Laboratorista:</b> Danny zavala Guanoluisa Cesar Zambrano Vera	<b>Revisado:</b> Ing. Lucrecia Moreno <b>Responsable:</b> Ing. Nelson Alvarez	<b>Fecha de toma de muestra:</b> 4 de Octubre del 2018	<b>Fecha ensayo:</b> 5 de Octubre del 2018
---	--	---	---



**Universidad Estatal Península de Santa Elena**  
**Facultad de Ciencias de La Ingeniería**  
**Carrera de Ingeniería Civil**



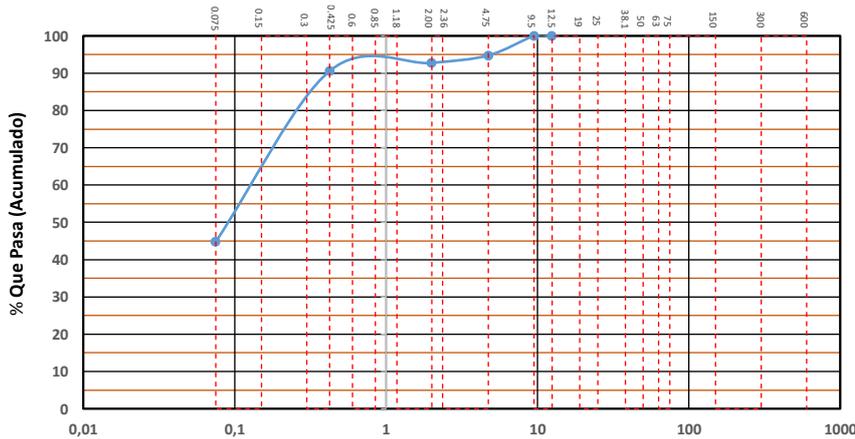
DETERMINACION DE LA DISTRIBUCION GRANULOMETRICA DE SUELOS Y AGREGADOS GRUESOS Y FINOS			
<b>Proyecto:</b>	Estudio de Suelo y estabilizacion del material granular existente con emulsion asfaltica para diseño de pavimento flexible	<b>Muestra # 2:</b>	<b>TERRENO NATURAL</b>
<b>Tesistas:</b>	Danny Zavala - Cesar Zambrano	<b>Coordenadas</b>	<b>Norte:</b> 9792310
<b>Ubicación:</b>	Via Libertador Bolívar - Sitio Nuevo		<b>Este:</b> 531314

Ensayo de Contenido de Humedad	Material Serie	
	Gruesa	Fina
Resipiente N°		A4
Masa de Recipiente + Muestra Humeda (P1)		77,70
Masa de Recipiente + Muestra Seca (P2)		70,67
Masa de Agua (P3 = P1 -P2)		7,03
Masa de Recipiente (P4)		16,57
Masa de Muestra Seca (P5= P2-P4)		54,1
% de Humedad (W= P3 x 100 ÷ P5)		12,99

SERIE GRUESA				
Tamiz ASTM / N°.	Abertura / N°.	Masa Retenida		% Pasante acumulado
		Parcial	Acumulada	
600 mm.	24 "			
300 mm.	12 "			
150 mm.	6 "			
75 mm.	3 "	0	0	100,00
63 mm.	2 1/2"	0	0,0	100,00
50 mm.	2 "	0	0,0	100,00
38,1 mm.	1 1/2"	0	0,0	100,00
25 mm.	1 "	0	0,0	100,00
19 mm.	3/4"	0	0,0	100,00
12,5 mm.	1/2"	0	0,0	100,00
9,5 mm.	3/8"	0	0,0	100,00
4,75 mm.	No.4	3,19	3,2	94,78
Pasa No. 4			58 gr.	

SERIE FINA					
Tamiz ASTM	Abertura / N°.	Masa Retenida		% Pasante acumulado	% Pasante corregido
		Parcial	Acumulada		
2,36 mm.	No. 8				
2 mm.	No. 10	1,16	1,16	97,86	92,75
1,18 mm.	No. 16				
0,85 mm.	No. 20				
0,60 mm.	No. 30				
0,425 mm.	No. 40	1,22	2,38	95,60	90,61
0,3 mm.	No. 50				
0,15 mm.	No. 100				
0,075 mm.	No. 200	26,15	28,53	47,26	44,80
Pasa No. 200					
Masa inicial del material para lavado =				61 gr.	
Masa inicial del material para lavado =				54,1 gr.	
Masa Total del Material utilizado para el ensayo (gr)					61,1

**CURVA DE DISTRIBUCION GRANULOMETRICA**  
**TAMICES ASTM (Abertura en Milímetros)**



Distribucion del Tamaño de las Partículas Valores expresados en porcentajes			
Pedron Rodado (>12")			0,0
Canto Rodado (12"-3")			0,0
Grava (3"-N°4)	Gruesa (3"-3/4")	0,00	5,2
	Fina (3/4"-N°4)	5,2	
Arena (N°4-N°200)	Gruesa (N°4-N°10)	2,0	50,0
	Media (N°10-N°40)	2,1	
	Fina (N°40-N°200)	45,8	
Finos (>-N°200)			44,80

Condiciones de Filtro	
D15 =	Cu =
D30 =	
D60 =	Cc =
Cu >= 4	
1 > Cc > 3	

Laboratorista: Danny Zavala Guanoluisa Cesar Zambrano Vera	Resvisado: Ing. Lucrecia Morena Responsable: Ing. Nelson Alvarez	Fecha de toma de muestra : 4 de Octubre del 2018	Fecha Ensayo: 25 de Octubre del 2018
--	---	---	---



**Universidad Estatal Península de Santa Elena**  
**Facultad de Ciencias de La Ingeniería**  
**Carrera de Ingeniería Civil**



**DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS**

<b>Proyecto:</b>	Estudio de Suelo y estabilizacion del material granular existente con emulsion asfaltica para diseño de pavimento flexible	<b>Muestra # 2:</b>	<b>TERRENO NATURAL</b>
<b>Tesistas:</b>	Danny Zavala - Cesar Zambrano	<b>Coordenadas</b>	<b>Norte:</b> 9792310
<b>Ubicación:</b>	Via Libertador Bolivar - Sitio Nuevo		<b>Este:</b> 531314

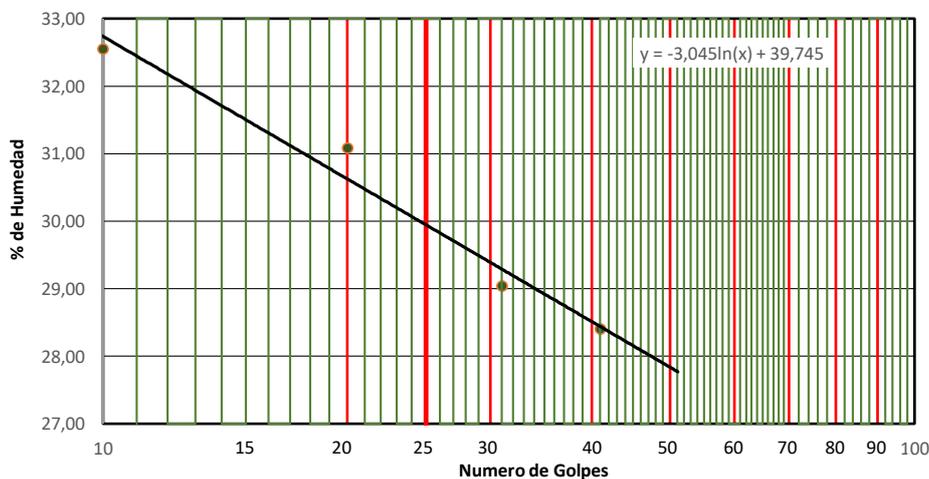
**DATOS DEL ENSAYO**

RECIPIENTE #	W6	L2	J1	P5
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA HUMEDA (P1)	25,83	39,15	21,97	27,24
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA SECA (P2)	21,81	32,11	19,08	23,20
MASA DE AGUA ( P3 = P1 -P2 )	4,02	7,04	2,89	4,04
MASA DE RECIPIENTE (P4)	9,46	9,46	9,13	8,98
MASA DE MUESTRA SECA ( P5 = P2- P4 )	12,35	22,65	9,95	14,22
% DE HUMEDAD ( W = P3* 100 ÷ P5 )	32,55	31,08	29,05	28,41
# DE GOLPES	10	20	31	41

**DATOS DEL ENSAYO**

RECIPIENTE #	14	8	2
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA HUMEDA (P1)	17,78	17,69	17,76
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA SECA (P2)	16,20	16,17	16,24
MASA DE AGUA ( P3 = P1 -P2 )	1,58	1,52	1,52
MASA DE RECIPIENTE (P4)	9,11	9,13	9,32
MASA DE MUESTRA SECA ( P5 = P2- P4 )	7,09	7,04	6,92
% DE HUMEDAD ( W = P3* 100 ÷ P5 )	22,28	21,59	21,97

SEGUN LA CARTA DE LA COMPOSICION MINERALOGICA EN LA PLASTICIDAD (DAY, 1999)



**RESULTADOS**

<b>LIMITE LIQUIDO =</b>	<b>29,94</b>
<b>LIMITE PLASTICO=</b>	<b>21,95</b>
<b>INDICE DE PLASTICIDAD=</b>	<b>8,00</b>
<b>CLASIFICACION SEGÚN CARTA DE PLASTICIDAD ASTM D-2487 SUCS</b>	
<b>SC</b>	

<b>Laboratorista:</b> Danny Zavala Guanoluisa Cesar Zambrano Vera	<b>Revisado:</b> Ing. Lucrecia Moreno Responsable: Ing. Nelson Alvarez	<b>Fecha de toma de muestra :</b> 4 de Octubre del 2018	<b>Fecha Ensayo:</b> 25 de Octubre del 2018
---	---	--	--



# Universidad Estatal Península de Santa Elena

Facultad de Ciencias de La Ingeniería

Carrera de Ingeniería Civil



## DETERMINACION DE LA RELACION HUMEDAD - DENSIDAD DE SUELOS

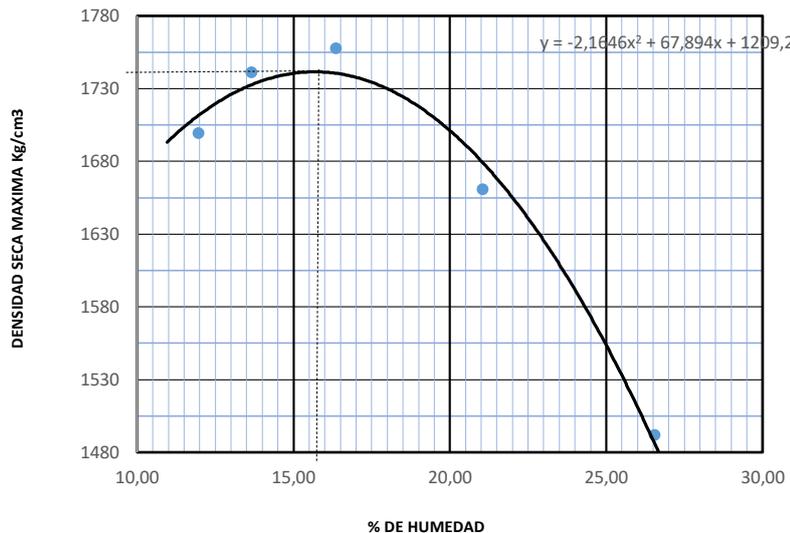
<b>Proyecto:</b>	Estudio de Suelo y estabilizacion del material granular existente con emulsion asfaltica para diseño de pavimento flexible	<b>Muestra # 2:</b>	<b>TERRENO NATURAL</b>	
<b>Tesistas:</b>	Danny Zavala - Cesar Zambrano	<b>Coordenadas</b>	<b>Norte:</b>	9792310
<b>Ubicación:</b>	Libertador Bolivar - Sitio Nuevo		<b>Este:</b>	531314

PESO DEL CILINDRO (P7)	6091
VOLUMEN DEL CILINDRO (V)	2094,13
PESO DEL MARTILLO (Kg.)	4,54
ALTURA DE CAIDA DEL MARTILLO (cm.)	45,72
TIPO DE ENSAYO	Modificado
# DE CAPAS	5
# DE GOLPES POR CAPA	56

Modificado Metodo C;  
 Porcion que pasa en la malla No 3/4. Puede usarse si mas de 20% por peso del material es retenido en la malla de 9,5mm (3/4 pulg) y menos de 30% por peso es retenido en la malla de 19,00 mm (3/4 pulg).

### DATOS DEL ENSAYO

PUNTO #	1		2		3		4		5		6	
	Grueso	Fino	Grueso	Fino								
Material de ensayo		L		O		RM		4		Gc		
RECIPIENTE #												
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA HUMEDA (P1)		96		82		101		87		108		
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA SECA (P2)		87		74		89		75		89		
MASA DE AGUA ( P3 = P1 - P2 )		8		8		12		12		19		
MASA DE RECIPIENTE (P4)		17		16		17		17		17		
MASA DE MUESTRA SECA ( P5 = P2- P4 )		70		59		72		58		72		
% DE HUMEDAD ( W = P3* 100 ÷ P5 )		12		14		16		21		27		
% DE HUMEDAD PROMEDIO		11,96		13,65		16,35		21,04		26,55		
% DE HUEMEDAD AÑADIDA AL SUELO		TN		100		250		450		650		
MASA DE CILINDRO + SUELO HUMEDO (P6)		10075		10235		10373		10300		10044		
MASA DE SUELO HUMEDO (P8=P6-P7)		3984		4144		4282		4209		3953		
DENSIDAD HUMEDA DEL SUELO (Dh= P8 ÷ v )		1902		1979		2045		2010		1888		
DENSIDAD SECA DEL SUELO (Ds = Dh ÷ ( 1 + w ÷100))		1699		1741		1757		1660		1492		



RESULTADOS
Ds densidad Seca Maxima 1742 Kg./m3
% de Humedad Optima 15,7 %

<b>Laboratorista:</b> Danny Zavala Guanoluisa Cesar Zambrano Vera	<b>Revisado:</b> Ing. Lucrecia Moreno <b>Responsable:</b> Ing. Nelson Alvarez	<b>Fecha de toma de muestra :</b> 4 de Octubre del 2018	<b>Fecha Ensayo:</b> 25 de Octubre del 2018
---	--	--	--



**Universidad Estatal Península de Santa Elena**  
**Facultad de Ciencias de La Ingeniería**  
**Carrera de Ingeniería Civil**



**C.B.R - DENSIDADES**

<b>Proyecto:</b>	Estudio de Suelo y estabilización del material granular existente con emulsión asfáltica para diseño de pavimento flexible	<b>Muestra # 2 :</b>	<b>TERRENO NATURAL</b>	
<b>Tesistas:</b>	Danny Zavala - Cesar Zambrano	<b>Coordenadas</b>	<b>Norte:</b>	9792310
<b>Ubicación:</b>	Via Libertador Bolívar - Sitio Nuevo		<b>Este:</b>	531314

MOLDE Nº-	IX	XX	VII	
PESO MOLDE	6,878	6,065	5,878	PESO DEL MARTILLO 10lb
VOLUMEN MOLDE	0,00231922	0,00234334	0,00235258	ALTURA DEL MOLDE 18 "
No DE GOLPES CAPA	12	25	56	

Nº de ensayo		1	2	3
<b>ANTES DE LA INMERSION</b>				
		12 Golpes de capa	25 Golpes de capa	56 Golpes de capa
<b>HUMEDAD</b>	Nº recipiente	Y	C	H
	Wh + r	285	230	272
	Ws + r	248	198	236
	Ww	37,38	31,42	36,20
	r	20,13	19,27	19,73
	Ws	227,58	179,09	216,09
	w (%)	16,42	17,54	16,75
MOLDE DE NUMERO		IX	XX	VII
Molde + suelo humedo	p	11,186	10,69	10,663
Molde		6,878	6,065	5,878
Suelo humedo	W	4,308	4,625	4,785
Suelo seco= 100w/(100+W)	Ws	3,700	3,935	4,098
Contenido de agua	w	16,42	17,54	16,75
Densidad humeda	h	1858	1974	2034
Densidad humeda	s	1595	1679	1742

<b>DESPUES DE LA INMERSION</b>								
		ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	
<b>HUMEDAD</b>	Nº recipiente	41	S1	C3	Y1	C11	C8	
	Wh + r	149	167,7	86,9	84,5	108,3	106,4	
	Ws + r	123,6	143,5	73,7	72,7	91,6	90,5	
	Ww	25,4	24,2	13,2	11,8	16,7	15,9	
	r	30,55	31,15	17,87	16,32	18,39	17,95	
	Ws	93,05	112,35	55,83	56,38	73,21	72,55	
	w (%)	27,30	21,54	23,64	20,93	22,81	21,92	
<b>Promedio w (%)</b>		24,42		22,29		22,36		
Molde + suelo humedo	p	11,41		10,83		10,746		
Molde		6,878		6,065		5,878		
Suelo humedo	W	4,53		4,769		4,868		
Suelo seco	Ws	3,644		3,900		3,978		
Contenido de agua	w	27,30		23,64		22,81		
Densidad humeda	h	1955		2035		2069		
Densidad seca	s	1571		1664		1691		

<b>HINCHAMIENTO</b>			
Lectura inicial		0,073	0,058
24 horas		0,087	0,065
48 horas		1,006	0,069
72 horas		1,006	0,069
96 horas			
<b>HINCHAMIENTO %</b>		20,5	0,2

CBR	%		
Densidad seca	ys	1595	1679

<b>Laboratorista:</b> Danny Zavala Guanoluisa Cesar Zambrano Vera	<b>Revisado:</b> Ing. Lucrecia Moreno <b>Responsable:</b> Ing. Nelson Alvarez	<b>Fecha toma de muestra :</b> 4 de Octubre del 2018	<b>Fecha Ensayo:</b> 25 de Octubre del 2018
---	--	---	--



**Universidad Estatal Península de Santa Elena**  
**Facultad de Ciencias de La Ingeniería**  
**Carrera de Ingeniería Civil**



**C.B.R - PENETRACION**

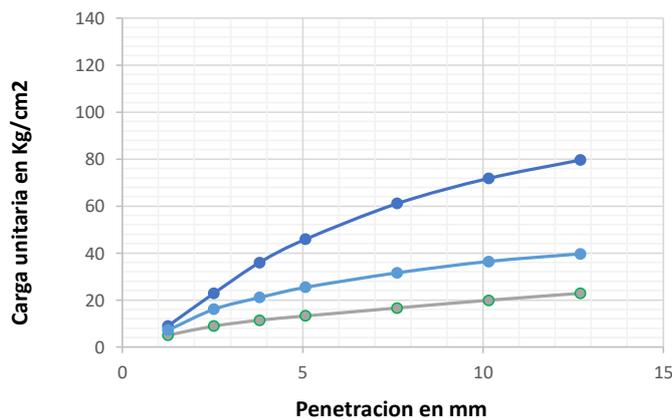
<b>Proyecto:</b>	Estudio de Suelo y estabilizacion del material granular existente con emulsion asfaltica para diseño de pavimento flexible	<b>Muestra # 2:</b>	<b>TERRENO NATURAL</b>	
<b>Tesistas:</b>	Danny Zavala - Cesar Zambrano	<b>Coordenadas</b>	<b>Norte:</b>	9792310
<b>Ubicación:</b>	Via Libertador Bolivar - Sitio Nuevo		<b>Este:</b>	531314

<b>MOLDE Nº-</b>	XIV	XV	XVII		
<b>PESO MOLDE</b>	6,878	6,065	5,878	<b>PESO DEL MARTILLO:</b>	10 Lb
<b>VOLUMEN MOLDE</b>	0,00231922	0,00234334	0,00235258	<b>ALTURA DEL MARTILLO:</b>	18 "
<b>No DE GOLPES CAPA</b>	12	25	56		

<b>NUMERO DE ENSAYO</b>	1	2	3	1	2	3
-------------------------	---	---	---	---	---	---

Tamiz ASTM Abertura /Nº	CARGA DE PENETRACION EN Lb			CARGA DE PENETRACION EN Kg		
1,27 mm (0.05")	216,04	306,90	384,34	98,2	139,5	174,7
2,54 mm (0.10")	379,72	685,30	976,36	172,6	311,5	443,8
3,81 mm (0.15")	486,86	898,70	1536,26	221,3	408,5	698,3
5,08 mm (0.20")	563,86	1083,72	1957,12	256,3	492,6	889,6
7,62 mm (0.30")	709,72	1347,50	2605,46	322,6	612,5	1184,3
10,16 mm (0.40")	849,64	1554,30	3063,28	386,2	706,5	1392,4
12,70 mm (0.50")	975,48	1692,68	3395,92	443,4	769,4	1543,6

Tamiz ASTM Abertura /Nº	CARGA DE PENETRACION EN Lb/pulg2			CARGA DE PENETRACION EN Kg/cm2		
1,27 mm (0.05")	71,86	102,08	127,84	5,063	7,192	9,007
<b>2,54 mm (0.10")</b>	<b>126,31</b>	<b>227,95</b>	<b>324,77</b>	<b>8,899</b>	<b>16,060</b>	<b>22,882</b>
3,81 mm (0.15")	161,95	298,94	511,01	11,410	21,062	36,003
<b>5,08 mm (0.20")</b>	<b>187,56</b>	<b>360,48</b>	<b>651,00</b>	<b>13,214</b>	<b>25,398</b>	<b>45,866</b>
7,62 mm (0.30")	236,08	448,22	866,66	16,633	31,579	61,060
10,16 mm (0.40")	282,62	517,01	1018,95	19,912	36,426	71,790
12,70 mm (0.50")	324,48	563,04	1129,59	22,861	39,669	79,585



Nº de Golpes	Esfuerzo de penetracion	
	0.10 pulg	0.20 pulg
12	8,899	13,214
25	16,060	25,398
56	22,882	45,866

C.B.R	%	
12	12,63	12,50
25	22,80	24,03
56	32,48	43,40

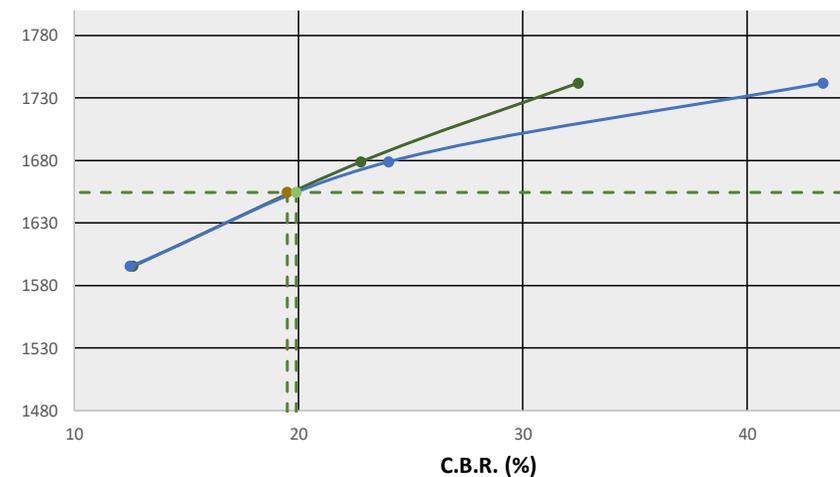
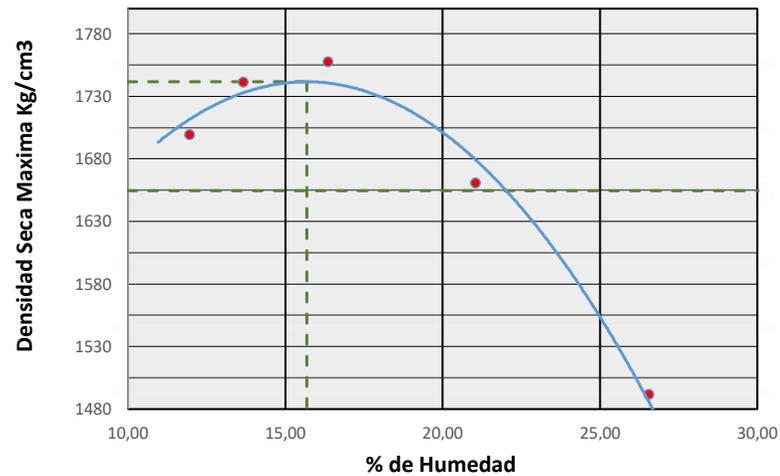
<b>Laboratorista:</b> Danny Zavala Guanoluisa Cesar Zambrano Vera	<b>Revisado:</b> Ing. Lucrecia Moreno <b>Responsable:</b> Ing. Nelson Alvarez	<b>Fecha de toma de muestra:</b> 4 de Octubre del 2018	<b>Fecha de ensayo:</b> 25 de Octubre del 2018
---	--	---	---



**Universidad Estatal Península de Santa Elena**  
**Facultad de Ciencias de La Ingeniería**  
**Carrera de Ingeniería Civil**



RELACION DE GRAFICO DE PROCTOR Y CBR			
<b>Proyecto:</b>	Estudio de Suelo y estabilizacion del material granular existente con emulsion asfaltica para diseño de pavimento flexible	<b>Muestra # 2:</b>	<b>TERRENO NATURAL</b>
<b>Tesistas:</b>	Danny Zavala - Cesar Zambrano	<b>Coordenadas</b>	<b>Norte:</b> 9792310
<b>Ubicación:</b>	Via Libertador Bolivar - Sitio Nuevo		<b>Este:</b> 531314



**Densidad seca Max =** 1741,584 Kg/m<sup>3</sup>  
**Humedad optima =** 15,6828 %  
**95 % Densidad seca Max =** 1655 Kg/m<sup>3</sup>

**CBR para 0,10" :** 19,50 %  
**CBR para 0,20" :** 19,90 %

Nº Golpes / capa	Densidad Kg/ m <sup>3</sup>	Carga Unitaria Kg/m <sup>2</sup>		Carga Unitaria Patron Kg/m <sup>2</sup>		C.B.R %		Expansión %
		0,10"	0,20"	0,10"	0,20"	0,10"	0,20"	
12	1595	8,899	13,214	70,45	105,68	12,63	12,50	20,5
25	1679	16,060	25,398	70,45	105,68	22,80	24,03	0,2
56	1742	22,882	45,866	70,45	105,68	32,48	43,40	0,2

<b>Laboratorista:</b> Danny Zavala Guanoluisa Cesar Zambrano Vera	<b>Revisado:</b> Ing. Lucrecia Moreno <b>Responsable:</b> Ing. Nelson Alvarez	<b>Fecha de toma de muestra:</b> 4 de Octubre del 2018	<b>Fecha Ensayo:</b> 25 de Octubre del 2018
---	--	---	--



**Universidad Estatal Península de Santa Elena**  
**Facultad de Ciencias de La Ingeniería**  
**Carrera de Ingeniería Civil**



CONTENIDO DE HUMEDAD			
<b>Proyecto:</b>	Estudio de Suelo y estabilizacion del material granular existente con emulsion asfaltica para diseño de pavimento flexible	<b>Muestra # 3 :</b>	<b>TERRENO NATURAL</b>
<b>Tesistas:</b>	Danny Zavala - Cesar Zambrano	<b>Coordenadas</b>	<b>Norte:</b> 9792310
<b>Ubicación:</b>	Via Libertador Bolivar - Sitio Nuevo		<b>Este:</b> 531314

<b>RECIPIENTE #</b>	JG	
<b>MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA HUMEDA (P1)</b>	86,41	
<b>MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA SECA (P2)</b>	79,18	
<b>MASA DE RECIPIENTE (P4)</b>	16,88	
<b>% DE HUMEDAD</b>		11,61

<b>Laboratorista:</b> Danny zavala Guanoluisa Cesar Zambrano Vera	<b>Revisado:</b> Ing. Lucrecia Moreno <b>Responsable:</b> Ing. Nelson Alvarez	<b>Fecha de toma de muestra:</b> 4 de Octubre del 2018	<b>Fecha ensayo:</b> 5 de Octubre del 2018
---	--	---	---



**Universidad Estatal Península de Santa Elena**  
**Facultad de Ciencias de La Ingeniería**  
**Carrera de Ingeniería Civil**



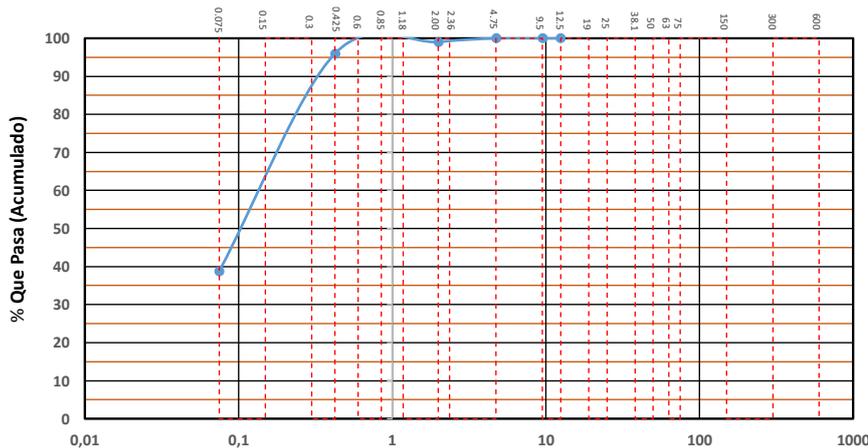
DETERMINACION DE LA DISTRIBUCION GRANULOMETRICA DE SUELOS Y AGREGADOS GRUESOS Y FINOS			
<b>Proyecto:</b>	Estudio de Suelo y estabilizacion del material granular existente con emulsion asfaltica para diseño de pavimento flexible	<b>Muestra # 3:</b>	<b>TERRENO NATURAL</b>
<b>Tesistas:</b>	Danny Zavala - Cesar Zambrano	<b>Coordenadas</b>	<b>Norte:</b> 9792310
<b>Ubicación:</b>	Via Libertador Bolivar - Sitio Nuevo		<b>Este:</b> 531314

Ensayo de Contenido de Humedad	Material Serie	
	Gruesa	Fina
Resipiente N°		JG
Masa de Recipiente + Muestra Humeda (P1)		86,41
Masa de Recipiente + Muestra Seca (P2)		79,18
Masa de Agua (P3 = P1 - P2)		7,23
Masa de Recipiente (P4)		16,88
Masa de Muestra Seca (P5= P2-P4)		62,3
% de Humedad (W= P3 × 100 ÷ P5)		11,61

SERIE GRUESA				
Tamiz ASTM	Abertura / N°.	Masa Retenida		% Pasante acumulado
		Parcial	Acumulada	
600 mm.	24 "			
300 mm.	12 "			
150 mm.	6 "			
75 mm.	3 "	0	0	100,00
63 mm.	2 1/2"	0	0,0	100,00
50 mm.	2 "	0	0,0	100,00
38,1 mm.	1 1/2"	0	0,0	100,00
25 mm.	1 "	0	0,0	100,00
19 mm.	3/4"	0	0,0	100,00
12,5 mm.	1/2"	0	0,0	100,00
9,5 mm.	3/8"	0	0,0	100,00
4,75 mm.	No.4	0	0,0	100,00
Pasa No. 4			70 gr.	

SERIE FINA					
Tamiz ASTM	Abertura / N°.	Masa Retenida		% Pasante acumulado	% Pasante corregido
		Parcial	Acumulada		
2,36 mm.	No. 8				
2 mm.	No. 10	0,59	0,59	99,05	99,05
1,18 mm.	No. 16				
0,85 mm.	No. 20				
0,60 mm.	No. 30				
0,425 mm.	No. 40	1,90	2,49	96,00	96,00
0,3 mm.	No. 50				
0,15 mm.	No. 100				
0,075 mm.	No. 200	35,63	38,12	38,81	38,81
Pasa No. 200					
Masa inicial del material para lavado =			70 gr.		
Masa inicial del material para lavado =			62,3 gr.		
Masa Total del Material utilizado para el ensayo (gr)					69,5

**CURVA DE DISTRIBUCION GRANULOMETRICA**  
**TAMICES ASTM (Abertura en Milímetros)**



Distribucion del Tamaño de las Partículas Valores expresados en porcentajes			
Pedron Rodado (>12")			0,0
Canto Rodado (12"-3")			0,0
Grava (3"-N°4)	Gruesa (3"-3/4")	0,00	0,0
	Fina (3/4"-N°4)	0,0	
Arena (N°4-N°200)	Gruesa (N°4)	0,9	61,2
	Media (N°10-N°40)	3,0	
	Fina (N°40-N°200)	57,2	
Finos (>N°200)			38,81

Condiciones de Filtro	
D15 =	Cu =
D30 =	
D60 =	Cc =
Cu ≥ 4	
1 > Cc > 3	

Laboratorista: Danny Zavala Guanoluiza Cesar Zambrano Vera	Revisado: Ing. Lucrecia Morena Responsable: Ing. Nelson Alvarez	Fecha de toma de muestra : 4 de Octubre del 2018	Fecha Ensayo: 25 de Octubre del 2018
--	--	---	---



**Universidad Estatal Península de Santa Elena**  
**Facultad de Ciencias de La Ingeniería**  
**Carrera de Ingeniería Civil**



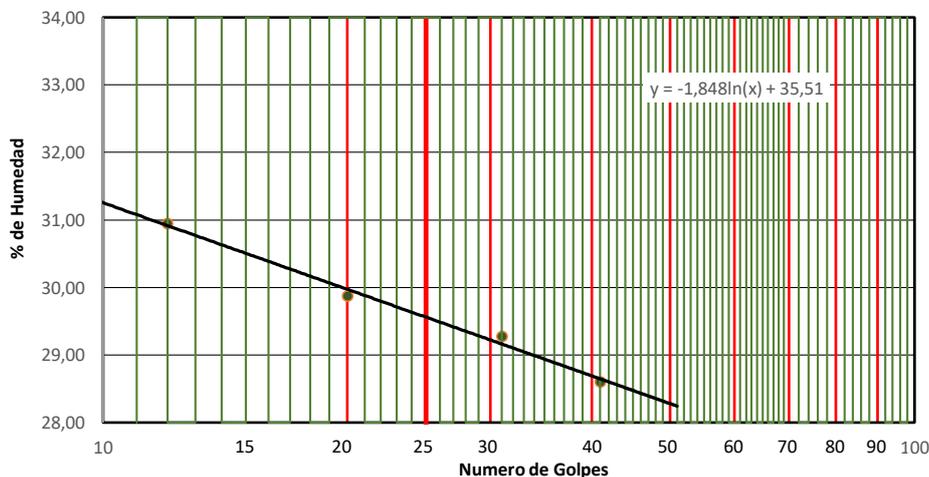
**DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS**

<b>Proyecto:</b>	Estudio de Suelo y estabilizacion del material granular existente con emulsion asfaltica para diseño de pavimento flexible	<b>Muestra # 3:</b>	<b>TERRENO NATURAL</b>
<b>Tesistas:</b>	Danny Zavala - Cesar Zambrano	<b>Coordenadas</b>	<b>Norte:</b> 9792310
<b>Ubicación:</b>	Vía Libertador Bolivar - Sitio Nuevo		<b>Este:</b> 531314

DATOS DEL ENSAYO							
RECIPIENTE #	W3	8	4	4			
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA HUMEDA (P1)	27,63	28,78	25,48	28,01			
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA SECA (P2)	23,26	24,26	21,80	23,82			
MASA DE AGUA ( P3 = P1 -P2 )	4,37	4,52	3,68	4,19			
MASA DE RECIPIENTE (P4)	9,14	9,13	9,23	9,18			
MASA DE MUESTRA SECA ( P5 = P2- P4 )	14,12	15,13	12,57	14,64			
% DE HUMEDAD ( W = P3* 100 ÷ P5 )	30,95	29,87	29,28	28,60			
# DE GOLPES	12	20	31	41			

DATOS DEL ENSAYO				
RECIPIENTE #	14	W5	N3	
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA HUMEDA (P1)	16,49	16,22	16,27	
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA SECA (P2)	15,09	14,97	15,09	
MASA DE AGUA ( P3 = P1 -P2 )	1,40	1,25	1,18	
MASA DE RECIPIENTE (P4)	9,11	9,71	9,26	
MASA DE MUESTRA SECA ( P5 = P2- P4 )	5,98	5,26	5,83	
% DE HUMEDAD ( W = P3* 100 ÷ P5 )	23,41	23,76	20,24	

SEGUN LA CARTA DE LA COMPOSICION MINERALOGICA EN LA PLASTICIDAD (DAY, 1999)



RESULTADOS	
LIMITE LIQUIDO =	<b>29,56</b>
LIMITE PLASTICO=	<b>22,47</b>
INDICE DE PLASTICIDAD=	<b>7,09</b>

CLASIFICACION SEGÚN CARTA DE PLASTICIDAD ASTM D-2487 SUCS  
**SC**

<b>Laboratorista:</b> Danny Zavala Guanoluisa Cesar Zambrano Vera	<b>Revisado:</b> Ing. Lucrecia Moreno <b>Responsable:</b> Ing. Nelson Alvarez	<b>Fecha de toma de muestra :</b> 4 de Octubre del 2018	<b>Fecha Ensayo:</b> 25 de Octubre del 2018
---	--	--	--



# Universidad Estatal Península de Santa Elena

Facultad de Ciencias de La Ingeniería

Carrera de Ingeniería Civil



## DETERMINACION DE LA RELACION HUMEDAD - DENSIDAD DE SUELOS

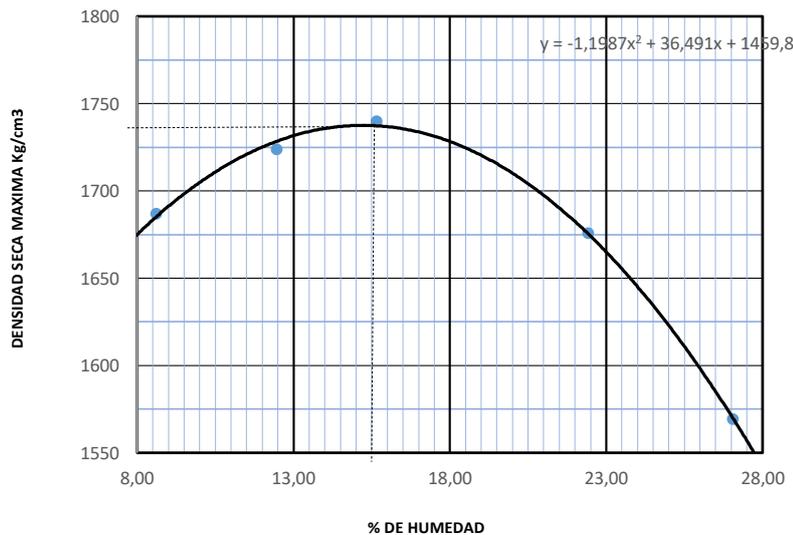
<b>Proyecto:</b>	Estudio de Suelo y estabilizacion del material granular existente con emulsion asfaltica para diseño de pavimento flexible	<b>Muestra # 3:</b>	<b>TERRENO NATURAL</b>	
<b>Tesistas:</b>	Danny Zavala - Cesar Zambrano	<b>Coordenadas</b>	<b>Norte:</b>	9792310
<b>Ubicación:</b>	Libertador Bolivar - Sitio Nuevo		<b>Este:</b>	531314

PESO DEL CILINDRO (P7)	5364
VOLUMEN DEL CILINDRO (V)	2057,73
PESO DEL MARTILLO (Kg.)	4,54
ALTURA DE CAIDA DEL MARTILLO (cm.)	45,72
TIPO DE ENSAYO	Modificado
# DE CAPAS	5
# DE GOLPES POR CAPA	56

Modificado Metodo C;  
 Porcion que pasa en la malla No 3/4. Puede usarse si mas de 20% por peso del material es retenido en la malla de 9,5mm (3/4 pulg) y menos de 30% por peso es retenido en la malla de 19,00 mm (3/4 pulg).

### DATOS DEL ENSAYO

PUNTO #	1		2		3		4		5		6	
	Grueso	Fino	Grueso	Fino	Grueso	Fino	Grueso	Fino	Grueso	Fino	Grueso	Fino
Material de ensayo												
RECIPIENTE #		Y		A		N		F		A		
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA HUMEDA (P1)		96		97		85		84		121		
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA SECA (P2)		90		88		76		71		99		
MASA DE AGUA ( P3 = P1 -P2 )		6		9		9		12		22		
MASA DE RECIPIENTE (P4)		17		17		17		17		17		
MASA DE MUESTRA SECA ( P5 = P2- P4 )		73		71		59		54		82		
% DE HUMEDAD ( W = P3* 100 ÷ P5 )		9		12		16		22		27		
% DE HUMEDAD PROMEDIO		8,61		12,45		15,66		22,42		27,04		
% DE HUEMEDAD AÑADIDA AL SUELO		TN		100		250		450		650		
MASA DE CILINDRO + SUELO HUMEDO (P6)		9134		9353		9505		9586		9467		
MASA DE SUELO HUMEDO (P8=P6-P7)		3770		3989		4141		4222		4103		
DENSIDAD HUMEDA DEL SUELO (Dh= P8 ÷ v )		1832		1939		2012		2052		1994		
DENSIDAD SECA DEL SUELO (Ds = Dh ÷ ( 1 + w ÷100 ) )		1687		1724		1740		1676		1570		



RESULTADOS
Ds densidad Seca Maxima 1738 Kg./m3
% de Humedad Optima 15,2 %

<b>Laboratorista:</b> Danny Zavala Guanoluisa Cesar Zambrano Vera	<b>Revisado:</b> Ing. Lucrecia Moreno <b>Responsable:</b> Ing. Nelson Alvarez	<b>Fecha de toma de muestra :</b> 4 de Octubre del 2018	<b>Fecha Ensayo:</b> 25 de Octubre del 2018
---	--	--	--



**Universidad Estatal Península de Santa Elena**  
**Facultad de Ciencias de La Ingeniería**  
**Carrera de Ingeniería Civil**



**C.B.R - DENSIDADES**

<b>Proyecto:</b>	Estudio de Suelo y estabilización del material granular existente con emulsión asfáltica para diseño de pavimento flexible	<b>Muestra # 3 :</b>	<b>TERRENO NATURAL</b>	
<b>Tesistas:</b>	Danny Zavala - Cesar Zambrano	<b>Coordenadas</b>	<b>Norte:</b>	9792310
<b>Ubicación:</b>	Vía Libertador Bolívar - Sitio Nuevo		<b>Este:</b>	531314

<b>MOLDE Nº-</b>	V	III	VIII	
<b>PESO MOLDE</b>	5,888	5,826	6,408	<b>PESO DEL MARTILLO</b> 10Lb
<b>VOLUMEN MOLDE</b>	0,00231879	0,00234431	0,00234198	<b>ALTURA DEL MOLDE</b> 18 "
<b>No DE GOLPES CAPA</b>	12	25	56	

Nº de ensayo		1	2	3
ANTES DE LA INMERSION				
		12 Golpes de capa	25 Golpes de capa	56 Golpes de capa
<b>HUMEDAD</b>	Nº recipiente	D	J	H
	Wh + r	313	254	280
	Ws + r	284	228	250
	Ww	29,06	26,11	29,62
	r	53,59	32,25	33,26
	Ws	229,95	195,93	216,85
	w (%)	12,64	13,33	13,66
MOLDE DE NUMERO		V	III	VIII
Molde + suelo humedo	p	9,805	10,03	10,822
Molde		5,888	5,826	6,408
Suelo humedo	W	3,917	4,201	4,414
Suelo seco= 100w/(100+W)	Ws	3,478	3,707	3,884
Contenido de agua	w	12,64	13,33	13,66
Densidad humeda	h	1689	1792	1885
Densidad humeda	s	1500	1581	1658

DESPUES DE LA INMERSION							
		ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO
<b>HUMEDAD</b>	Nº recipiente	Y2	C10	C1	C5	J.S	V2
	Wh + r	99,5	103,7	105,8	86,6	106,8	103,5
	Ws + r	79,8	84,9	87,1	72,8	88,3	86,3
	Ww	19,7	18,8	18,7	13,8	18,5	17,2
	r	16,55	16,8	18,28	17,87	17,02	16,73
	Ws	63,25	68,1	68,82	54,93	71,28	69,57
	w (%)	31,15	27,61	27,17	25,12	25,95	24,72
<b>Promedio w (%)</b>		29,38		26,15		25,34	
Molde + suelo humedo	p	10,28		10,44		11,76	
Molde		5,888		5,826		6,408	
Suelo humedo	W	4,39		4,609		5,349	
Suelo seco	Ws	3,392		3,654		4,268	
Contenido de agua	w	31,15		27,17		25,95	
Densidad humeda	h	1892		1966		2284	
Densidad seca	s	1463		1559		1822	

HINCHAMIENTO				
Lectura inicial		1,015	0,096	0,068
24 horas		1,059	1,060	1,059
48 horas		1,066	1,063	1,068
72 horas		1,066	1,063	1,071
96 horas				
<b>HINCHAMIENTO %</b>		1,1	21,3	22,0

<b>CBR</b>	%			
Densidad seca	ys	1500	1581	1658

<b>Laboratorista:</b> Danny Zavala Guanoluisa Cesar Zambrano Vera	<b>Revisado:</b> Ing. Lucrecia Moreno <b>Responsable:</b> Ing. Nelson Alvarez	<b>Fecha toma de muestra :</b> 4 de Octubre del 2018	<b>Fecha Ensayo:</b> 25 de Octubre del 2018
---	--	---	--



**Universidad Estatal Península de Santa Elena**  
**Facultad de Ciencias de La Ingeniería**  
**Carrera de Ingeniería Civil**



**C.B.R - PENETRACION**

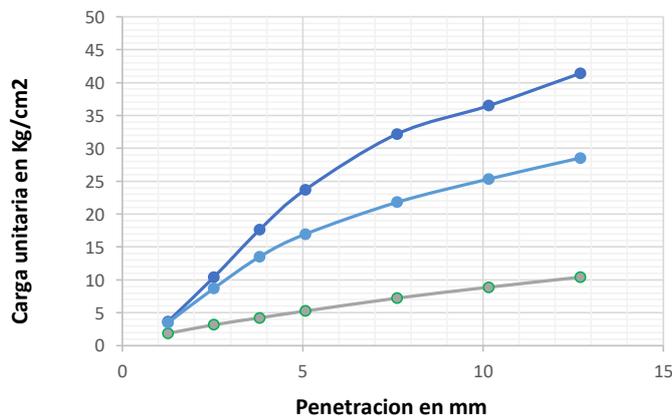
<b>Proyecto:</b>	Estudio de Suelo y estabilizacion del material granular existente con emulsion asfaltica para diseño de pavimento flexible	<b>Muestra # 3:</b>	<b>TERRENO NATURAL</b>	
<b>Tesistas:</b>	Danny Zavala - Cesar Zambrano	<b>Coordenadas</b>	<b>Norte:</b>	9792310
<b>Ubicación:</b>	Vía Libertador Bolívar - Sitio Nuevo		<b>Este:</b>	531314

<b>MOLDE N°-</b>	XIV	XV	XVII	<b>PESO DEL MARTILLO:</b>	10 Lb
<b>PESO MOLDE</b>	5,888	5,826	6,408	<b>ALTURA DEL MARTILLO:</b>	18 "
<b>VOLUMEN MOLDE</b>	0,00231879	0,00234431	0,00234198		
<b>No DE GOLPES CAPA</b>	12	25	56		

<b>NUMERO DE ENSAYO</b>	1	2	3	1	2	3
-------------------------	---	---	---	---	---	---

Tamiz ASTM Abertura /N°	CARGA DE PENETRACION EN Lb			CARGA DE PENETRACION EN Kg		
1,27 mm (0.05")	79,86	149,82	157,74	36,3	68,1	71,7
2,54 mm (0.10")	135,30	372,24	444,62	61,5	169,2	202,1
3,81 mm (0.15")	180,62	577,06	752,62	82,1	262,3	342,1
5,08 mm (0.20")	224,62	724,02	1012,66	102,1	329,1	460,3
7,62 mm (0.30")	308,44	930,38	1373,46	140,2	422,9	624,3
10,16 mm (0.40")	379,06	1081,08	1556,94	172,3	491,4	707,7
12,70 mm (0.50")	444,40	1217,70	1766,82	202	553,5	803,1

Tamiz ASTM Abertura /N°	CARGA DE PENETRACION EN Lb/pulg2			CARGA DE PENETRACION EN Kg/cm2		
1,27 mm (0.05")	26,56	49,84	52,47	1,872	3,511	3,697
<b>2,54 mm (0.10")</b>	<b>45,01</b>	<b>123,82</b>	<b>147,90</b>	<b>3,171</b>	<b>8,724</b>	<b>10,420</b>
3,81 mm (0.15")	60,08	191,95	250,35	4,233	13,524	17,638
<b>5,08 mm (0.20")</b>	<b>74,72</b>	<b>240,83</b>	<b>336,84</b>	<b>5,264</b>	<b>16,968</b>	<b>23,732</b>
7,62 mm (0.30")	102,60	309,47	456,86	7,228	21,804	32,188
10,16 mm (0.40")	126,09	359,60	517,89	8,883	25,336	36,488
12,70 mm (0.50")	147,82	405,05	587,70	10,415	28,537	41,406



N° de Golpes	Esfuerzo de penetracion	
	0.10 pulg	0.20 pulg
12	3,171	5,264
25	8,724	16,968
56	10,420	23,732

C.B.R	%	
12	4,50	4,98
25	12,38	16,06
56	14,79	22,46

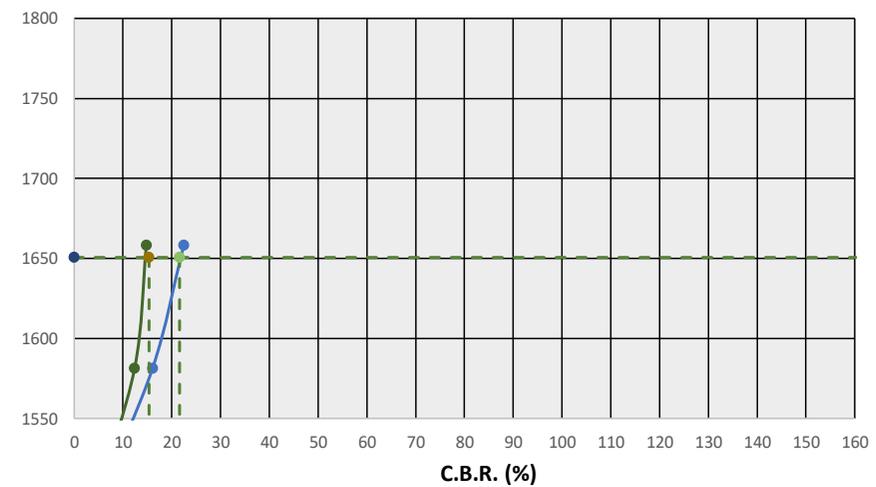
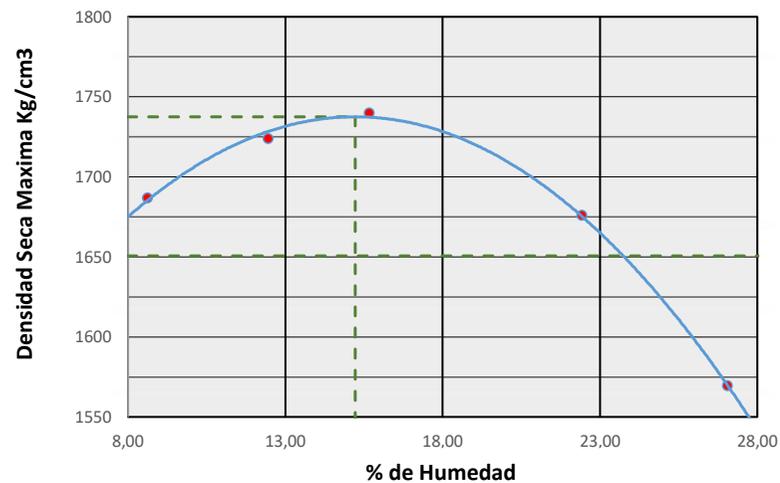
<b>Laboratorista:</b> Danny Zavala Guanoluisa Cesar Zambrano Vera	<b>Revisado:</b> Ing. Lucrecia Moreno <b>Responsable:</b> Ing. Nelson Alvarez	<b>Fecha de toma de muestra:</b> 4 de Octubre del 2018	<b>Fecha de ensayo:</b> 25 de Octubre del 2018
---	--	---	---



**Universidad Estatal Península de Santa Elena**  
**Facultad de Ciencias de La Ingeniería**  
**Carrera de Ingeniería Civil**



RELACION DE GRAFICO DE PROCTOR Y CBR			
<b>Proyecto:</b>	Estudio de Suelo y estabilizacion del material granular existente con emulsion asfaltica para diseño de pavimento flexible	<b>Muestra # 3:</b>	<b>TERRENO NATURAL</b>
<b>Tesistas:</b>	Danny Zavala - Cesar Zambrano	<b>Coordenadas</b>	<b>Norte:</b> 9792310
<b>Ubicación:</b>	Via Libertador Bolivar - Sitio Nuevo		<b>Este:</b> 531314



**Densidad seca Max =** 1737,52 Kg/m3  
**Humedad optima =** 15,22 %  
**95 % Densidad seca Max =** 1651 Kg/m3

**CBR para 0,10" :** 15,35 %  
**CBR para 0,20" :** 21,60 %

Nº Golpes / capa	Densidad Kg/ m3	Carga Unitaria Kg/m2		Carga Unitaria Patron Kg/m2		C.B.R %		Expansión %
		0,10"	0,20"	0,10"	0,20"	0,10"	0,20"	
12	1500	3,171	5,264	70,45	105,68	4,50	4,98	1,1
25	1581	8,724	16,968	70,45	105,68	12,38	16,06	21,3
56	1658	10,420	23,732	70,45	105,68	14,79	22,46	22,0

<b>Laboratorista:</b> Danny Zavala Guanoluisa Cesar Zambrano Vera	<b>Revisado:</b> Ing. Lucrecia Moreno <b>Responsable:</b> Ing. Nelson Alvarez	<b>Fecha de toma de muestra:</b> 4 de Octubre del 2018	<b>Fecha Ensayo:</b> 25 de Octubre del 2018
---	--	---	--



Universidad Estatal Península de Santa Elena  
Facultad de Ciencias de La Ingeniería  
Carrera de Ingeniería Civil



CONTENIDO DE HUMEDAD			
<b>Proyecto:</b>	Estudio de Suelo y estabilizacion del material granular existente con emulsion asfaltica para diseño de pavimento flexible	<b>Muestra # 4:</b>	<b>TERRENO NATURAL</b>
<b>Tesistas:</b>	Danny Zavala - Cesar Zambrano	<b>Coordenadas</b>	<b>Norte:</b> 9792310
<b>Ubicación:</b>	Vía Libertador Bolivar - Sitio Nuevo		<b>Este:</b> 531314

<b>RECIPIENTE #</b>	N	
<b>MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA HUMEDA (P1)</b>	75,16	
<b>MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA SECA (P2)</b>	67,31	
<b>MASA DE RECIPIENTE (P4)</b>	16,89	
<b>% DE HUMEDAD</b>		15,57

<b>Laboratorista:</b> Danny zavala Guanoluisa Cesar Zambrano Vera	<b>Revisado:</b> Ing. Lucrecia Moreno <b>Responsable:</b> Ing. Nelson Alvarez	<b>Fecha de toma de muestra:</b> 4 de Octubre del 2018	<b>Fecha ensayo:</b> 5 de Octubre del 2018
---	--	---	---



**Universidad Estatal Península de Santa Elena**  
**Facultad de Ciencias de La Ingeniería**  
**Carrera de Ingeniería Civil**



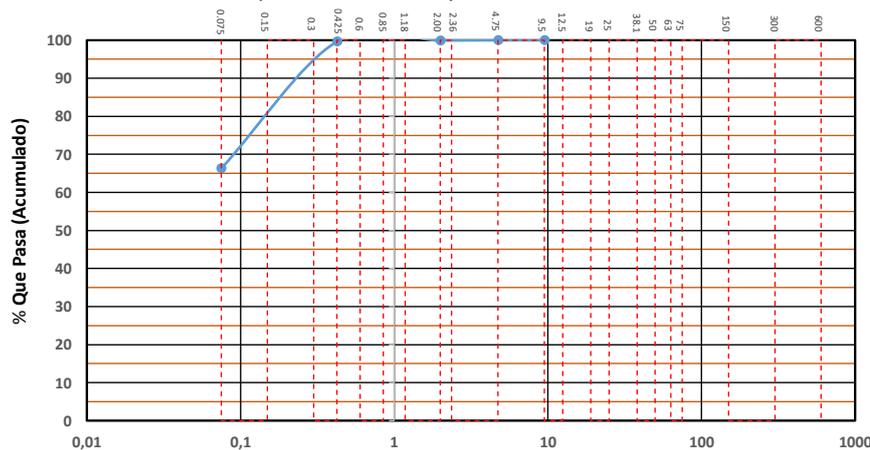
DETERMINACION DE LA DISTRIBUCION GRANULOMETRICA DE SUELOS Y AGREGADOS GRUESOS Y FINOS			
<b>Proyecto:</b>	Estudio de Suelo y estabilizacion del material granular existente con emulsion asfáltica para diseño de pavimento flexible	<b>Muestra # 4:</b>	<b>TERRENO NATURAL</b>
<b>Tesistas:</b>	Danny Zavala - Cesar Zambrano	<b>Coordenadas</b>	<b>Norte:</b> 9792310
<b>Ubicación:</b>	Vía Libertador Bolívar - Sitio Nuevo		<b>Este:</b> 531314

Ensayo de Contenido de Humedad	Material Serie	
	Gruesa	Fina
Resipiente N°		N
Masa de Recipiente + Muestra Humeda (P1)		75,16
Masa de Recipiente + Muestra Seca (P2)		67,31
Masa de Agua (P3 = P1 -P2)		7,85
Masa de Recipiente (P4)		16,89
Masa de Muestra Seca (P5= P2-P4)		50,42
% de Humedad (W= P3 × 100 ÷ P5)		15,57

SERIE GRUESA				
Tamiz ASTM / N°.	Abertura / N°.	Masa Retenida		% Pasante acumulado
		Parcial	Acumulada	
600 mm.	24 "			
300 mm.	12 "			
150 mm.	6 "			
75 mm.	3 "	0	0	100,00
63 mm.	2 1/2"	0	0,0	100,00
50 mm.	2 "	0	0,0	100,00
38,1 mm.	1 1/2"	0	0,0	100,00
25 mm.	1 "	0	0,0	100,00
19 mm.	3/4"	0	0,0	100,00
12,5 mm.	1/2"	0	0,0	100,00
9,5 mm.	3/8"	0	0,0	100,00
4,75 mm.	No.4	0	0,0	100,00
Pasa No. 4			58 gr.	

SERIE FINA					
Tamiz ASTM	Abertura / N°.	Masa Retenida		% Pasante acumulado	% Pasante corregido
		Parcial	Acumulada		
2,36 mm.	No. 8				
2 mm.	No. 10	0,04	0,04	99,92	99,92
1,18 mm.	No. 16				
0,85 mm.	No. 20				
0,60 mm.	No. 30				
0,425 mm.	No. 40	0,14	0,18	99,64	99,64
0,3 mm.	No. 50				
0,15 mm.	No. 100				
0,075 mm.	No. 200	16,82	17	66,28	66,28
Pasa No. 200					
Masa inicial del material para lavado =		58 gr.			
Masa inicial del material para lavado =		50,4 gr.			
Masa Total del Material utilizado para el ensayo (gr)				58,3	

**CURVA DE DISTRIBUCION GRANULOMETRICA**  
**TAMICES ASTM (Abertura en Milímetros)**



Distribucion del Tamaño de las Partículas Valores expresados en porcentajes			
Pedron Rodado (>12")		0,0	
Canto Rodado (12"-3")		0,0	
Grava (3"-N°4)	Gruesa (3"-3/4")	0,00	0,0
	Fina (3/4"-N°4)	0,0	
Arena (N°4-N°200)	Gruesa (N°4-N°10)	0,1	33,7
	Media (N°10-N°40)	0,3	
	Fina (N°40-N°200)	33,4	
Finos (>N°200)		66,28	

Condiciones de Filtro	
D15 =	Cu =
D30 =	
D60 =	Cc =
Cu >= 4	
1 > Cc > 3	

Laboratorista: Danny Zavala Guanoluiza Cesar Zambrano Vera	Resvisado: Ing. Lucrecia Morena Responsable: Ing. Nelson Alvarez	Fecha de toma de muestra : 4 de Octubre del 2018	Fecha Ensayo: 25 de Octubre del 2018
--	---	---	---



**Universidad Estatal Península de Santa Elena**  
**Facultad de Ciencias de La Ingeniería**  
**Carrera de Ingeniería Civil**



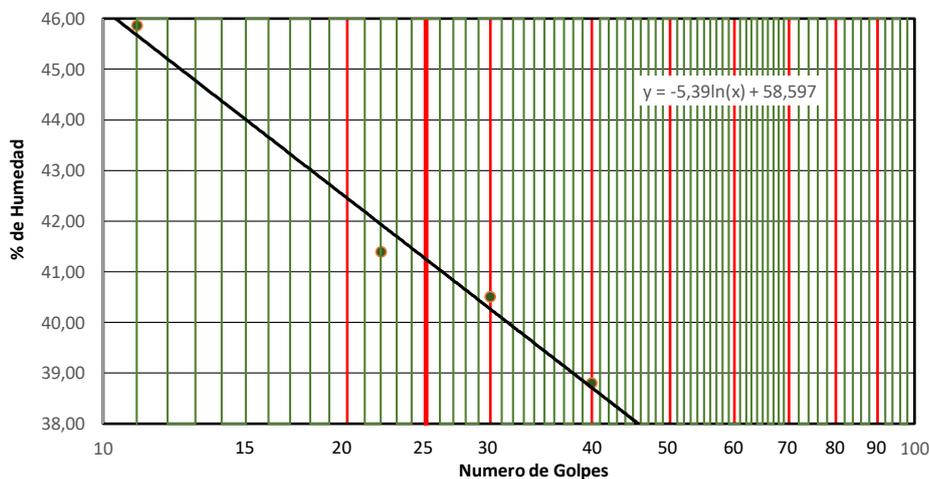
**DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS**

<b>Proyecto:</b>	Estudio de Suelo y estabilizacion del material granular existente con emulsion asfaltica para diseño de pavimento flexible	<b>Muestra # 4:</b>	<b>TERRENO NATURAL</b>
<b>Tesistas:</b>	Danny Zavala - Cesar Zambrano	<b>Coordenadas</b>	<b>Norte:</b> 9792310
<b>Ubicación:</b>	Via Libertador Bolivar - Sitio Nuevo		<b>Este:</b> 531314

DATOS DEL ENSAYO							
RECIPIENTE #	P4	N4	3	N2			
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA HUMEDA (P1)	20,08	19,56	20,11	24,96			
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA SECA (P2)	16,64	16,55	16,97	20,59			
MASA DE AGUA ( P3 = P1 -P2 )	3,44	3,01	3,14	4,37			
MASA DE RECIPIENTE (P4)	9,14	9,28	9,22	9,33			
MASA DE MUESTRA SECA ( P5 = P2- P4 )	7,50	7,27	7,75	11,26			
% DE HUMEDAD ( W = P3* 100 ÷ P5 )	45,87	41,40	40,52	38,81			
# DE GOLPES	11	22	30	40			

DATOS DEL ENSAYO				
RECIPIENTE #	9	12	6	
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA HUMEDA (P1)	16,63	16,21	16,16	
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA SECA (P2)	15,12	14,78	14,73	
MASA DE AGUA ( P3 = P1 -P2 )	1,51	1,43	1,43	
MASA DE RECIPIENTE (P4)	9,43	9,45	9,31	
MASA DE MUESTRA SECA ( P5 = P2- P4 )	5,69	5,33	5,42	
% DE HUMEDAD ( W = P3* 100 ÷ P5 )	26,54	26,83	26,38	

SEGUN LA CARTA DE LA COMPOSICION MINERALOGICA EN LA PLASTICIDAD (DAY, 1999)



RESULTADOS	
LIMITE LIQUIDO =	<b>41,25</b>
LIMITE PLASTICO=	<b>26,58</b>
INDICE DE PLASTICIDAD=	<b>14,66</b>
CLASIFICACION SEGÚN CARTA DE PLASTICIDAD ASTM D-2487 SUCS	
OL	

Laboratorista: Danny Zavala Guanoluisa Cesar Zambrano Vera	Revisado: Ing. Lucrecia Moreno Responsable: Ing. Nelson Alvarez	Fecha de toma de muestra : 4 de Octubre del 2018	Fecha Ensayo: 25 de Octubre del 2018
--	--	---	---



**Universidad Estatal Península de Santa Elena**  
**Facultad de Ciencias de La Ingeniería**  
**Carrera de Ingeniería Civil**



**C.B.R - DENSIDADES**

<b>Proyecto:</b>	Estudio de Suelo y estabilización del material granular existente con emulsión asfáltica para diseño de pavimento flexible	<b>Muestra # 4 :</b>	<b>TERRENO NATURAL</b>	
<b>Tesistas:</b>	Danny Zavala - Cesar Zambrano	<b>Coordenadas</b>	<b>Norte:</b>	9792310
<b>Ubicación:</b>	Vía Libertador Bolívar - Sitio Nuevo		<b>Este:</b>	531314

MOLDE Nº-	XIII			
PESO MOLDE	6,668			PESO DEL MARTILLO 10Lb
VOLUMEN MOLDE	0,00232558			ALTURA DEL MOLDE 18 "
No DE GOLPES CAPA	TN			

Nº de ensayo		1	2	3
<b>ANTES DE LA INMERSION</b>				
		TN		
<b>HUMEDAD</b>	Nº recipiente	J		
	Wh + r	86		
	Ws + r	75		
	Ww	10,60		
	r	17,13		
	Ws	58		
	w (%)	18,22		
MOLDE DE NUMERO		XIII		
Molde + suelo humedo	p	10,767		
Molde		6,668		
Suelo humedo	W	4,10		
Suelo seco= 100w/(100+W)	Ws	3,467		
Contenido de agua	w	18,22		
Densidad humeda	h	1763		
Densidad humeda	s	1491		

<b>DESPUES DE LA INMERSION</b>							
		ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO
<b>HUMEDAD</b>	Nº recipiente	C	S				
	Wh + r	113,14	114,33				
	Ws + r	87,23	91,48				
	Ww	25,91	22,85				
	r	16,66	16,64				
	Ws	70,57	74,84				
	w (%)	36,72	30,53				
<b>Promedio w (%)</b>		33,62					
Molde + suelo humedo	p	11,211					
Molde		6,668					
Suelo humedo	W	4,54					
Suelo seco	Ws	3,400					
Contenido de agua	w	36,72					
Densidad humeda	h	1953					
Densidad seca	s	1462					

<b>HINCHAMIENTO</b>			
Lectura inicial		0,013	
24 horas		1,057	
48 horas		2,010	
72 horas		3,011	
96 horas			
HINCHAMIENTO %		65,9	

CBR	%		
Densidad seca	ys	1491	

Laboratorista: Danny Zavala Guanoluisa Cesar Zambrano Vera	Revisado: Ing. Lucrecia Moreno Responsable: Ing. Nelson Alvarez	Fecha toma de muestra : 4 de Octubre del 2018	Fecha Ensayo: 25 de Octubre del 2018
--	--	--	---



**Universidad Estatal Península de Santa Elena**  
 Facultad de Ciencias de La Ingeniería  
 Carrera de Ingeniería Civil



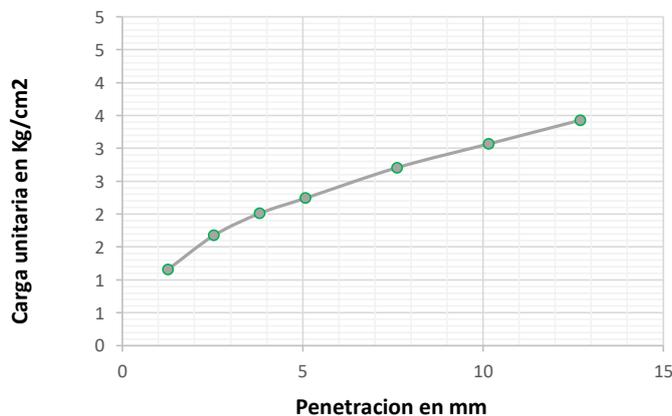
<b>C.B.R - PENETRACION</b>			
<b>Proyecto:</b>	Estudio de Suelo y estabilizacion del material granular existente con emulsion asfaltica para diseño de pavimento flexible	<b>Muestra # 4:</b>	<b>TERRENO NATURAL</b>
<b>Tesistas:</b>	Danny Zavala - Cesar Zambrano	<b>Coordenadas</b>	<b>Norte:</b> 9792310
<b>Ubicación:</b>	Vía Libertador Bolívar - Sitio Nuevo		<b>Este:</b> 531314

<b>MOLDE Nº-</b>	XIV				
<b>PESO MOLDE</b>	6,668			<b>PESO DEL MARTILLO:</b>	10 Lb
<b>VOLUMEN MOLDE</b>	0,00232558			<b>ALTURA DEL MARTILLO:</b>	18 "
<b>No DE GOLPES CAPA</b>	TN				

<b>NUMERO DE ENSAYO</b>	1	2	3	1	2	3
-------------------------	---	---	---	---	---	---

Tamiz ASTM Abertura /Nº	<b>CARGA DE PENETRACION EN Lb</b>			<b>CARGA DE PENETRACION EN Kg</b>		
1,27 mm (0.05")	49,50			22,5		
2,54 mm (0.10")	71,50			32,5		
3,81 mm (0.15")	85,80			39,0		
5,08 mm (0.20")	95,70			43,5		
7,62 mm (0.30")	115,50			52,5		
10,16 mm (0.40")	130,90			59,5		
12,70 mm (0.50")	146,30			66,5		

Tamiz ASTM Abertura /Nº	<b>CARGA DE PENETRACION EN Lb/pulg2</b>			<b>CARGA DE PENETRACION EN Kg/cm2</b>		
1,27 mm (0.05")	16,47			1,160		
<b>2,54 mm (0.10")</b>	<b>23,78</b>			<b>1,676</b>		
3,81 mm (0.15")	28,54			2,011		
<b>5,08 mm (0.20")</b>	<b>31,83</b>			<b>2,243</b>		
7,62 mm (0.30")	38,42			2,707		
10,16 mm (0.40")	43,54			3,068		
12,70 mm (0.50")	48,66			3,429		



Nº de Golpes	Esfuerzo de penetracion	
	0.10 pulg	0.20 pulg
TN	1,68	2,24

C.B.R	%	
TN	2,38	2,12

<b>Laboratorista:</b> Danny Zavala Guanoluisa Cesar Zambrano Vera	<b>Revisado:</b> Ing. Lucrecia Moreno <b>Responsable:</b> Ing. Nelson Alvarez	<b>Fecha de toma de muestra:</b> 4 de Octubre del 2018	<b>Fecha de ensayo:</b> 25 de Octubre del 2018
---	--	---	---



## RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO



<b>PROYECTO:</b>	Estudio de Suelo y estabilización del material granular existente con emulsion asfáltica para diseño de pavimento flexible								
<b>CALICATA #</b>	3		<b>Tesistas:</b>	Danny Erwin Zavala Guanoluisa	<b>Fecha inicio de ensayos :</b>	5 de Octubre del 2018		<b>Coordenadas</b>	Norte: 9792705
<b>Ubicación:</b>	Via Libertador Bolívar - Sitio Nuevo			Cesar Antonio Zambrano Vera	<b>Fecha de fin de ensayos:</b>	30 de octubre del 2018			Este: 532210

DESCRIPCION	ESTRATIGRAFIA	MUESTRA		CLASIFICACION		W	LL	LP	IP	PROCTOR		GRANULOMETRIA				CBR %	PROPIEDADES INDICE			AASTHO	CORRELACION
		#	Prof.	SUCS	AASTHO	%	%	%	%	ys Kg/m3	w opt %	No.4	No.10	No.40	No.200		I.L	C.R	C.c	$\frac{W_L}{IP} \geq 2.5$	(Su/σ'vo)NC
		GRAVAS DE ARENAS Y ARCILLAS DE COLOR GRIS		1	0,20	GM-GW	A-2-4	16,15	31,64	23,92	7,72	1821,06	15,167	33,72	28,92		22,03	10,35	22,54	-1,007	2,007
LIMOS Y ARCILLAS DE BAJA PLASTICIDAD DE COLOR AMARILLENTO CLARO		2	1,30	OL	A-7-5	18,09	43,17	30,46	12,72	-	-	98,44	98,23	97,93	67,24	3,10	-0,9728	1,9728	0,2986	3,3951	0,16

$$IL = \frac{(W - W_p) \cdot IP}{IP}$$

En los suelos plasticos el indice de liquidez es indicativo de la historia de los esfuerzos a la que ha estado sometido el suelo en donde:

IL=0, el suelo estara consolidado (OC)  
 0,7 < IL < 1, el suelo estara normalmente consolidado (NC)  
 IL >1, el suelo es sensitivo

Correlacion:  
 $(Su/\sigma'vo)NC = 0,11 + 0,0037 \cdot IP(\%)$

Suelos normalmente consolidados, OCR = 1

Decrecimiento del contenido de agua  
 Incremento del OCR, Ko  
 Incremento de reistencia, modulos de deformacion  
 Decrecimiento de la compresibilidad  
 Decrecimiento LI (Indice de liquidez)

NC= Normalmente consolidada  
 LOC= Ligeramente sobreconsolidado  
 HOC= Altamente sobreconsolidado  
 OCR= Relacion de sobreconsolidado =  $\frac{\sigma_{ov}}{\sigma'_o}$   
 $\sigma'_o$  = Maxim o  
 $\sigma_{ov}$  = Esfuerzo vertical efectivo de campo  
 $\sigma'_o$  = Esfuerzo horizontal efectivo de campo  
 Ko= Coeficiente de presion de tierra en reposo =  $\frac{\sigma_{ho}}{\sigma_{vo}}$

**Variacion cualitativa de los parametros que definen el comportamiento mecanico de los suelos finos ante posibles cambios de sus estados de consistencia, EPRL**

**Terzaghi & Peck, 1967**

Cc = 0,009 x (LL - 10)

La compresibilidad de los suelos puede expresarse:

Baja: Cc de 0,00 a 0,19  
 Media: Cc de 0,20 a 0,39  
 Alta: Cc de 0,40 a mas

**Consistencia Relativa (C.R)**

C.R entre 0,00 a 0,25 Suelo muy Suave  
 C.R entre 0,25 a 0,50 Suelo Suave  
 C.R entre 0,50 a 0,75 Consistencia Media  
 C.R entre 0,75 a 1,00 Consistencia Rigida  
 LL>50% Se puede decir que la arcilla es expansiva  
 o  
 (LL/LP)<2.5 Tipo de suelo:  
 CH A-7-6 SUCS AASTHO



Universidad Estatal Península de Santa Elena  
Facultad de Ciencias de La Ingeniería  
Carrera de Ingeniería Civil



DETERMINACION DE LA ABRASION DE LOS ANGELES			
<b>Proyecto:</b>	Estudio de Suelo y estabilizacion del material granular existente con emulsion asfaltica para diseño de pavimento flexible	<b>Muestra # 1 :</b>	<b>RELLENO</b>
<b>Tesistas:</b>	Danny zavala - Cesar Zambrano	Coordenadas	NORTE: 9792705
<b>Ubicación:</b>	Libertador Bolivar - Sitio Nuevo		ESTE: 532210

<b>FORMULA</b>	$\% \text{ DE PERDIDA} = \frac{\text{PI} - \text{Pt}}{\text{PI}}$	PI= Peso antes del ensayo Pt= Peso despues de tamizar por N°12
----------------	---	---

**Metodo :** 3

12 N° de Esferas, 1000 N° de revoluciones, 30 minutos de tiempo de rotacion

TAMIZ		PESO ANTES DEL ENSAYO	PESO DESPUES POR TAMIZ No 12 (gr)	% DE PERDIDA
PASA	RETIENE			
1 1/2"	1"	5000 ±25		
1"	3/4"	5000 ±25		
		10000	8290	17,1%

**% perdida = 17%**

Observaciones :

<b>Laboratorista:</b> Danny zavala Guanoluisa Cesar Zambrano Vera	<b>Revisado:</b> Ing. Lucrecia Moreno <b>Responsable:</b> Ing. Nelson Alvarez	<b>Fecha de toma de muestra:</b> 4 de Octubre del 2018	<b>Fecha de ensayo:</b> 5 de Noviembre del 2018
---	--	---	--



Universidad Estatal Península de Santa Elena  
Facultad de Ciencias de La Ingeniería  
Carrera de Ingeniería Civil



CONTENIDO DE HUMEDAD			
<b>Proyecto:</b>	Estudio de Suelo y estabilizacion del material granular existente con emulsion asfaltica para diseño de pavimento flexible	<b>Muestra # 1 :</b>	<b>RELLENO</b>
<b>Tesistas:</b>	Danny Zavala - Cesar Zambrano	<b>Coordenadas</b>	<b>Norte:</b> 9792705
<b>Ubicación:</b>	Via Libertador Bolivar - Sitio Nuevo		<b>Este:</b> 532210

<b>RECIPIENTE #</b>	FC
<b>MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA HUMEDA (P1)</b>	842,00
<b>MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA SECA (P2)</b>	738,00
<b>MASA DE RECIPIENTE (P4)</b>	94,00

<b>% DE HUMEDAD</b>	16,15
---------------------	-------

<b>Laboratorista:</b> Danny zavala Guanoluisa Cesar Zambrano Vera	<b>Revisado:</b> Ing. Lucrecia Moreno <b>Responsable:</b> Ing. Nelson Alvarez	<b>Fecha de toma de muestra:</b> 4 de Octubre del 2018	<b>Fecha ensayo:</b> 5 de Octubre del 2018
---	--	---	---



**Universidad Estatal Península de Santa Elena**  
**Facultad de Ciencias de La Ingeniería**  
**Carrera de Ingeniería Civil**



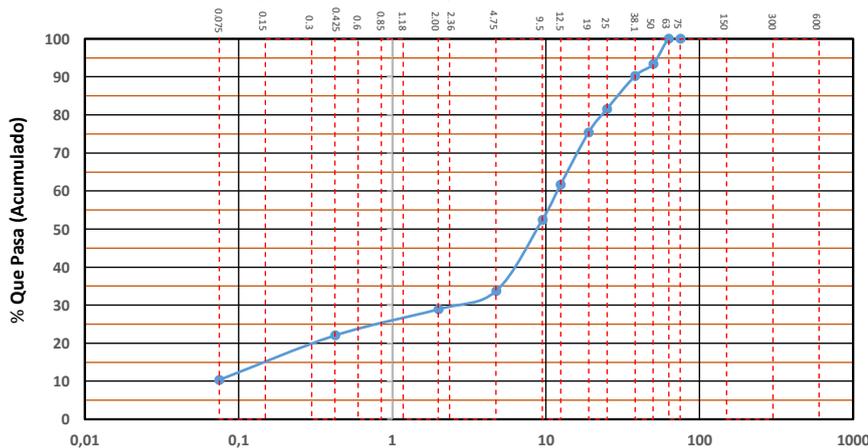
DETERMINACION DE LA DISTRIBUCION GRANULOMETRICA DE SUELOS Y AGREGADOS GRUESOS Y FINOS			
<b>Proyecto:</b>	Estudio de Suelo y estabilizacion del material granular existente con emulsion asfaltica para diseño de pavimento flexible	<b>Muestra # 1:</b>	<b>Relleño</b>
<b>Tesistas:</b>	Danny Zavala - Cesar Zambrano	<b>Coordenadas</b>	<b>Norte:</b> 9792705
<b>Ubicación:</b>	Via Libertador Bolivar - Sitio Nuevo		<b>Este:</b> 532210

Ensayo de Contenido de Humedad	Material Serie	
	Gruesa	Fina
Resipiente N°	R1	C
Masa de Recipiente + Muestra Humeda (P1)	1201,00	1126,00
Masa de Recipiente + Muestra Seca (P2)	1117,00	1026,00
Masa de Agua (P3 = P1 - P2)	84	100,00
Masa de Recipiente (P4)	56,17	65,23
Masa de Muestra Seca (P5= P2-P4)	1060,83	960,77
% de Humedad (W= P3 x 100 ÷ P5)	7,92	10,41

SERIE GRUESA				
Tamiz ASTM / N°.	Abertura / N°.	Masa Retenida		% Pasante acumulado
		Parcial	Acumulada	
600 mm.	24 "			
300 mm.	12 "			
150 mm.	6 "			
75 mm.	3 "	0	0	100,00
63 mm.	2 1/2"	0	0,0	100,00
50 mm.	2 "	648	600,5	93,39
38,1 mm.	1 1/2"	310	887,7	90,23
25 mm.	1 "	847	1672,6	81,59
19 mm.	3/4"	605	2233,2	75,42
12,5 mm.	1/2"	1341	3475,8	61,75
9,5 mm.	3/8"	908	4317,2	52,49
4,75 mm.	No.4	1840	6022,1	33,72
Pasa No. 4		3383	3064,080724	

SERIE FINA					
Tamiz ASTM	Abertura / N°.	Masa Retenida		% Pasante acumulado	% Pasante corregido
		Parcial	Acumulada		
2,36 mm.	No. 8				
2 mm.	No. 10	34,34	34,34	85,75	28,92
1,18 mm.	No. 16				
0,85 mm.	No. 20				
0,60 mm.	No. 30				
0,425 mm.	No. 40	49,17	83,51	65,34	22,03
0,3 mm.	No. 50				
0,15 mm.	No. 100				
0,075 mm.	No. 200	83,47	166,98	30,69	10,35
Pasa No. 200					
Masa inicial del material para lavado =			266 gr.		
Masa inicial del material para lavado =			240,9 gr.		
Masa Total del Material utilizado para el ensayo (gr)					9086,2

**CURVA DE DISTRIBUCION GRANULOMETRICA**  
**TAMICES ASTM (Abertura en Milímetros)**



Distribucion del Tamaño de las Particulas Valores expresados en porcentajes		
Pedron Rodado (>12")		0,0
Canto Rodado (12"-3")		0,0
Grava (3"-N°4)	Gruesa (3"-3/4")	24,58
	Fina (3/4"-N°4)	41,7
Arena (N°4-N°200)	Gruesa (N°4-N°10)	4,8
	Media (N°10-N°40)	6,9
	Fina (N°40-N°200)	11,7
Finos (>N°200)		10,35

Condiciones de Filtro		
D15 =	0,21	Cu= 55,68
D30=	2,62	
D60=	11,93	Cc= 2,68
		Cu>=4 SI CUMPLE
		1>Cc>3 SI CUMPLE

Laboratorista: Danny Zavala Guanoluisa Cesar Zambrano Vera	Revisado: Ing. Lucrecia Morena Responsable: Ing. Nelson Alvarez	Fecha de toma de muestra : 4 de Octubre del 2018	Fecha Ensayo: 25 de Octubre del 2018
--	--	---	---



**Universidad Estatal Península de Santa Elena**  
**Facultad de Ciencias de La Ingeniería**  
**Carrera de Ingeniería Civil**



**DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS**

<b>Proyecto:</b>	Estudio de Suelo y estabilizacion del material granular existente con emulsion asfaltica para diseño de pavimento flexible	<b>Muestra # 1:</b>	<b>RELLENO</b>	
<b>Tesistas:</b>	Danny Zavala - Cesar Zambrano	<b>Coordenadas</b>	<b>Norte:</b>	9792705
<b>Ubicación:</b>	Via Libertador Bolivar - Sitio Nuevo		<b>Este:</b>	532210

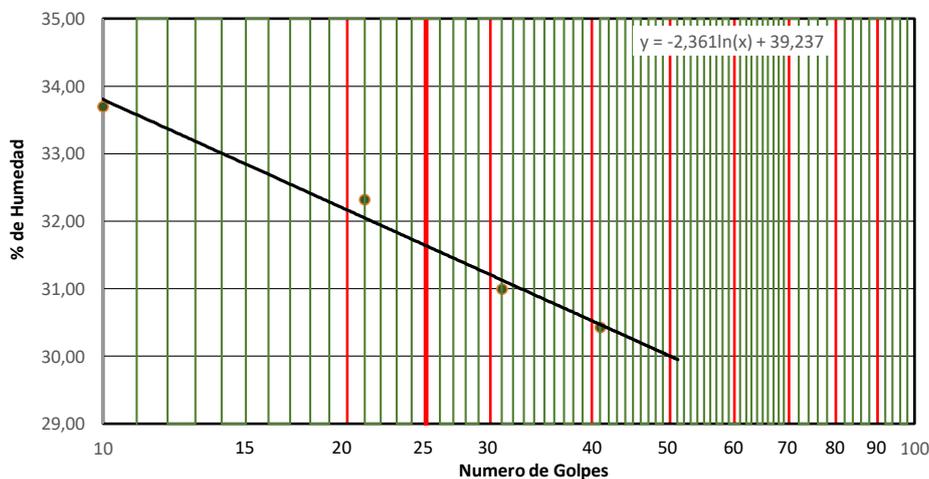
**DATOS DEL ENSAYO**

RECIPIENTE #	S	N1	7	V1
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA HUMEDA (P1)	23,96	22,10	25,63	22,56
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA SECA (P2)	20,26	18,93	21,71	19,41
MASA DE AGUA ( P3 = P1 -P2 )	3,70	3,17	3,92	3,15
MASA DE RECIPIENTE (P4)	9,28	9,12	9,08	9,06
MASA DE MUESTRA SECA ( P5 = P2- P4 )	10,98	9,81	12,63	10,35
% DE HUMEDAD ( W = P3* 100 ÷ P5 )	33,70	32,32	31,00	30,43
# DE GOLPES	10	21	31	41

**DATOS DEL ENSAYO**

RECIPIENTE #	W	P6	P5
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA HUMEDA (P1)	15,32	15,43	15,48
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA SECA (P2)	14,13	14,22	14,23
MASA DE AGUA ( P3 = P1 -P2 )	1,19	1,21	1,25
MASA DE RECIPIENTE (P4)	9,14	9,20	8,98
MASA DE MUESTRA SECA ( P5 = P2- P4 )	4,99	5,02	5,25
% DE HUMEDAD ( W = P3* 100 ÷ P5 )	23,85	24,10	23,81

SEGUN LA CARTA DE LA COMPOSICION MINERALOGICA EN LA PLASTICIDAD (DAY, 1999)



**RESULTADOS**

**LIMITE LIQUIDO = 31,64**

**LIMITE PLASTICO= 23,92**

**INDICE DE PLASTICIDAD= 7,72**

CLASIFICACION SEGÚN CARTA DE PLASTICIDAD ASTM D-2487 SUCS

GM-GW

<b>Laboratorista:</b> Danny Zavala Guanoluisa Cesar Zambrano Vera	<b>Revisado:</b> Ing. Lucrecia Moreno Responsable: Ing. Nelson Alvarez	<b>Fecha de toma de muestra :</b> 4 de Octubre del 2018	<b>Fecha Ensayo:</b> 25 de Octubre del 2018
---	---	--	--



# Universidad Estatal Península de Santa Elena

Facultad de Ciencias de La Ingeniería

Carrera de Ingeniería Civil



## DETERMINACION DE LA RELACION HUMEDAD - DENSIDAD DE SUELOS

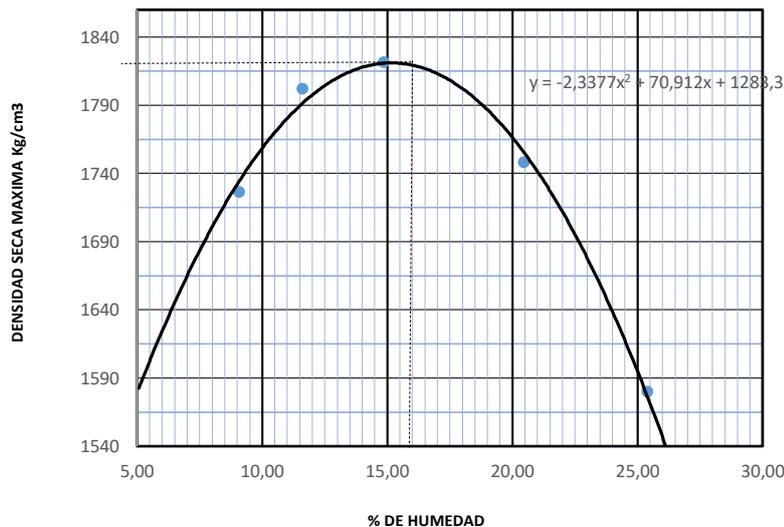
<b>Proyecto:</b>	Estudio de Suelo y estabilizacion del material granular existente con emulsion asfaltica para diseño de pavimento flexible	<b>Muestra # 1:</b>	<b>RELLENO</b>	
<b>Tesistas:</b>	Danny Zavala - Cesar Zambrano	<b>Coordenadas</b>	<b>Norte:</b>	9792705
<b>Ubicación:</b>	Libertador Bolivar - Sitio Nuevo		<b>Este:</b>	532210

PESO DEL CILINDRO (P7)	5364
VOLUMEN DEL CILINDRO (V)	2057,73
PESO DEL MARTILLO (Kg.)	4,54
ALTURA DE CAIDA DEL MARTILLO (cm.)	45,72
TIPO DE ENSAYO	Modificado
# DE CAPAS	5
# DE GOLPES POR CAPA	56

Modificado Metodo C;  
 Porcion que pasa en la malla No 3/4. Puede usarse si mas de 20% por peso del material es retenido en la malla de 9,5mm (3/4 pulg) y menos de 30% por peso es retenido en la malla de 19,00 mm (3/4 pulg).

### DATOS DEL ENSAYO

PUNTO #	1		2		3		4		5		6	
	Grueso	Fino										
Material de ensayo												
RECIPIENTE #	C1		M2		N		F		P			
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA HUMEDA (P1)	105		96		79		103		138			
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA SECA (P2)	98		88		71		89		113			
MASA DE AGUA ( P3 = P1 - P2 )	7		8		8		15		24			
MASA DE RECIPIENTE (P4)	16		17		17		17		17			
MASA DE MUESTRA SECA ( P5 = P2- P4 )	81		70		54		72		96			
% DE HUMEDAD ( W = P3* 100 ÷ P5 )	9		12		15		20		25			
% DE HUMEDAD PROMEDIO	9,07		11,59		14,85		20,44		25,39			
% DE HUEMEDAD AÑADIDA AL SUELO	TN		150		300		500		800			
MASA DE CILINDRO + SUELO HUMEDO (P6)	9239		9502		9669		9697		9441			
MASA DE SUELO HUMEDO (P8=P6-P7)	3875		4138		4305		4333		4077			
DENSIDAD HUMEDA DEL SUELO (Dh= P8 ÷ v )	1883		2011		2092		2106		1981			
DENSIDAD SECA DEL SUELO (Ds = Dh ÷ ( 1 + w ÷100))	1727		1802		1822		1748		1580			



RESULTADOS
Ds densidad Seca Maxima 1821 Kg./m3
% de Humedad Optima 15,17 %

<b>Laboratorista:</b> Danny Zavala Guanoluisa Cesar Zambrano Vera	<b>Revisado:</b> Ing. Lucrecia Moreno <b>Responsable:</b> Ing. Nelson Alvarez	<b>Fecha de toma de muestra :</b> 4 de Octubre del 2018	<b>Fecha Ensayo:</b> 25 de Octubre del 2018
---	--	--	--



**Universidad Estatal Península de Santa Elena**  
**Facultad de Ciencias de La Ingeniería**  
**Carrera de Ingeniería Civil**



**C.B.R - DENSIDADES**

<b>Proyecto:</b>	Estudio de Suelo y estabilizacion del material granular existente con emulsion asfaltica para diseño de pavimento flexible	<b>Muestra # 1 :</b>	<b>RELLENO</b>	
<b>Tesis:</b>	Danny Zavala - Cesar Zambrano	<b>Coordenadas</b>	<b>Norte:</b>	9792705
<b>Ubicación:</b>	Via Libertador Bolivar - Sitio Nuevo		<b>Este:</b>	532210

MOLDE Nº-	C	XI	XVI		
PESO MOLDE	6,730	7,102	6,774	PESO DEL MARTILLO	10Lb
VOLUMEN MOLDE	0,00232992	0,00233411	0,00234208	ALTURA DEL MOLDE	18 "
No DE GOLPES CAPA	12	25	56		

Nº de ensayo		1	2	3
ANTES DE LA INMERSION				
		12 Golpes de capa	25 Golpes de capa	56 Golpes de capa
<b>HUMEDAD</b>	Nº recipiente	Y	W	8I
	Wh + r	236	231	164
	Ws + r	204	203	146
	Ww	31,25	28,01	17,20
	r	32,98	34,04	31,38
	Ws	171,43	168,91	114,93
	w (%)	18,23	16,58	14,97
MOLDE DE NUMERO		C	XI	XVI
Molde + suelo humedo	p	11,291	11,805	11,610
Molde		6,73	7,102	6,774
Suelo humedo	W	4,561	4,703	4,836
Suelo seco= 100w/(100+W)	Ws	3,858	4,034	4,206
Contenido de agua	w	18,23	16,58	14,97
Densidad humeda	h	1958	2015	2065
Densidad humeda	s	1656	1728	1796

DESPUES DE LA INMERSION								
		ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	
<b>HUMEDAD</b>	Nº recipiente	C6	R3	C2	Q1	OB	R2	
	Wh + r	105,8	87,8	91	81,7	102	83,8	
	Ws + r	90,3	75,8	78,2	70,1	88,2	72,7	
	Ww	15,5	12	12,8	11,6	13,8	11,1	
	r	18,17	16,88	17,02	16,85	17,18	16,04	
	Ws	72,13	58,92	61,18	53,25	71,02	56,66	
	w (%)	21,49	20,37	20,92	21,78	19,43	19,59	
<b>Promedio w (%)</b>		20,93		21,35		19,51		
Molde + suelo humedo	p	11,36		11,87		11,611		
Molde		6,73		7,102		6,774		
Suelo humedo	W	4,63		4,763		4,837		
Suelo seco	Ws	3,831		3,925		4,047		
Contenido de agua	w	21,49		20,92		19,43		
Densidad humeda	h	1988		2041		2065		
Densidad seca	s	1644		1682		1728		

HINCHAMIENTO			
Lectura inicial		1,012	3,069
24 horas		1,032	3,067
48 horas		1,035	3,079
72 horas		1,035	3,079
96 horas			
HINCHAMIENTO %		0,5	0,2

CBR	%		
Densidad seca	ys	1656	1728

Laboratorista: Danny Zavala Guanoluisa Cesar Zambrano Vera	Revisado: Ing. Lucrecia Moreno Responsable: Ing. Nelson Alvarez	Fecha toma de muestra : 4 de Octubre del 2018	Fecha Ensayo: 25 de Octubre del 2018
--	--	--	---



**Universidad Estatal Península de Santa Elena**  
**Facultad de Ciencias de La Ingeniería**  
**Carrera de Ingeniería Civil**



**C.B.R - PENETRACION**

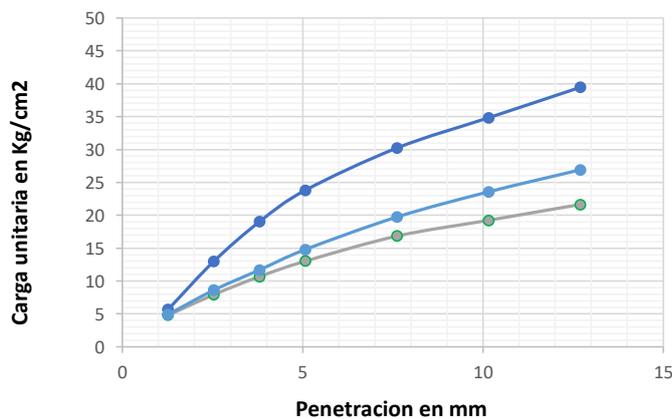
<b>Proyecto:</b>	Estudio de Suelo y estabilizacion del material granular existente con emulsion asfaltica para diseño de pavimento flexible	<b>Muestra # 1:</b>	<b>RELLENO</b>	
<b>Tesistas:</b>	Danny Zavala - Cesar Zambrano	<b>Coordenadas</b>	<b>Norte:</b>	9792705
<b>Ubicación:</b>	Via Libertador Bolivar - Sitio Nuevo		<b>Este:</b>	532210

<b>MOLDE Nº-</b>	XIV	XV	XVII		
<b>PESO MOLDE</b>	6,73	7,102	6,774	<b>PESO DEL MARTILLO:</b>	10 Lb
<b>VOLUMEN MOLDE</b>	0,00232992	0,00233411	0,00234208	<b>ALTURA DEL MARTILLO:</b>	18 "
<b>No DE GOLPES CAPA</b>	12	25	56		

<b>NUMERO DE ENSAYO</b>	1	2	3	1	2	3
-------------------------	---	---	---	---	---	---

Tamiz ASTM Abertura /Nº	CARGA DE PENETRACION EN Lb			CARGA DE PENETRACION EN Kg		
1,27 mm (0.05")	205,04	210,32	243,10	93,2	95,6	110,5
2,54 mm (0.10")	339,24	368,50	555,50	154,2	167,5	252,5
3,81 mm (0.15")	456,50	499,84	813,34	207,5	227,2	369,7
5,08 mm (0.20")	556,38	632,06	1016,62	252,9	287,3	462,1
7,62 mm (0.30")	718,96	843,04	1290,74	326,8	383,2	586,7
10,16 mm (0.40")	821,26	1006,06	1486,76	373,3	457,3	675,8
12,70 mm (0.50")	924,00	1148,84	1683,88	420	522,2	765,4

Tamiz ASTM Abertura /Nº	CARGA DE PENETRACION EN Lb/pulg2			CARGA DE PENETRACION EN Kg/cm2		
1,27 mm (0.05")	68,20	69,96	80,86	4,805	4,929	5,697
<b>2,54 mm (0.10")</b>	<b>112,84</b>	<b>122,58</b>	<b>184,78</b>	<b>7,950</b>	<b>8,636</b>	<b>13,018</b>
3,81 mm (0.15")	151,85	166,26	270,54	10,698	11,714	19,061
<b>5,08 mm (0.20")</b>	<b>185,07</b>	<b>210,24</b>	<b>338,16</b>	<b>13,039</b>	<b>14,813</b>	<b>23,825</b>
7,62 mm (0.30")	239,15	280,42	429,34	16,849	19,757	30,249
10,16 mm (0.40")	273,18	334,65	494,54	19,247	23,578	34,843
12,70 mm (0.50")	307,35	382,14	560,11	21,654	26,924	39,463



Nº de Golpes	Esfuerzo de penetracion	
	0.10 pulg	0.20 pulg
12	7,950	13,039
25	8,636	14,813
56	13,018	23,825

C.B.R	%	
12	11,28	12,34
25	12,26	14,02
56	18,48	22,54

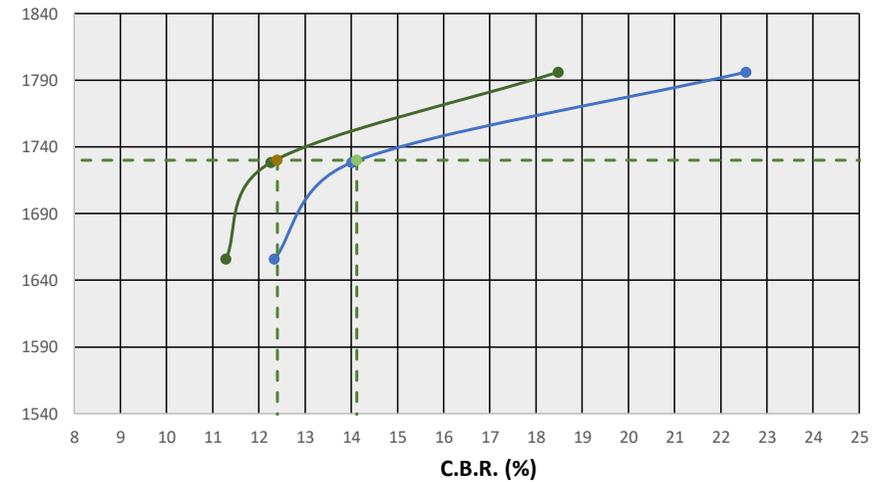
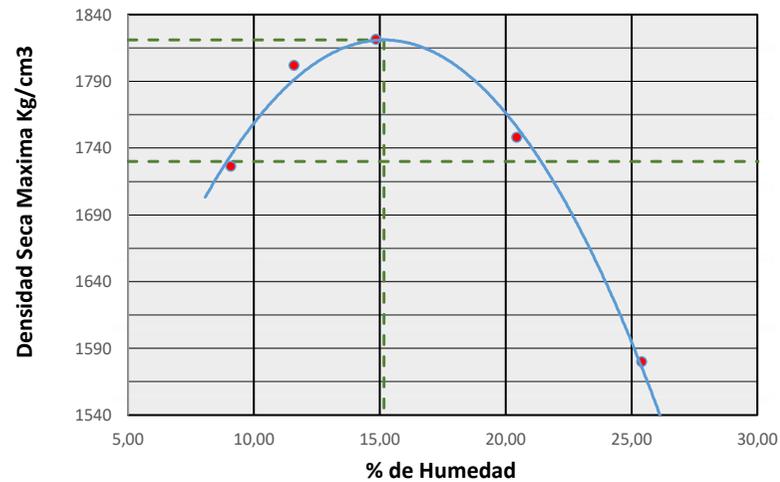
<b>Laboratorista:</b> Danny Zavala Guanoluisa Cesar Zambrano Vera	<b>Revisado:</b> Ing. Lucrecia Moreno <b>Responsable:</b> Ing. Nelson Alvarez	<b>Fecha de toma de muestra:</b> 4 de Octubre del 2018	<b>Fecha de ensayo:</b> 25 de Octubre del 2018
---	--	---	---



**Universidad Estatal Península de Santa Elena**  
**Facultad de Ciencias de La Ingeniería**  
**Carrera de Ingeniería Civil**



RELACION DE GRAFICO DE PROCTOR Y CBR			
<b>Proyecto:</b>	Estudio de Suelo y estabilizacion del material granular existente con emulsion asfaltica para diseño de pavimento flexible	<b>Muestra # 1:</b>	<b>RELLENO</b>
<b>Tesistas:</b>	Danny Zavala - Cesar Zambrano	<b>Coordenadas</b>	<b>Norte:</b> 9792705
<b>Ubicación:</b>	Vía Libertador Bolívar - Sitio Nuevo		<b>Este:</b> 532210



**Densidad seca Max =** 1821,06 Kg/m<sup>3</sup>  
**Humedad optima =** 15,167 %  
**95 % Densidad seca Max =** 1730 Kg/m<sup>3</sup>

**CBR para 0,10" :** 12,40 %  
**CBR para 0,20" :** 14,12 %

Nº Golpes / capa	Densidad Kg/ m <sup>3</sup>	Carga Unitaria Kg/m <sup>2</sup>		Carga Unitaria Patron Kg/m <sup>2</sup>		C.B.R %		Expansión %
		0,10"	0,20"	0,10"	0,20"	0,10"	0,20"	
12	1656	7,950	13,039	70,45	105,68	11,28	12,34	0,5
25	1728	8,636	14,813	70,45	105,68	12,26	14,02	0,2
56	1796	13,018	23,825	70,45	105,68	18,48	22,54	0,6

<b>Laboratorista:</b> Danny Zavala Guanoluisa Cesar Zambrano Vera	<b>Revisado:</b> Ing. Lucrecia Moreno <b>Responsable:</b> Ing. Nelson Alvarez	<b>Fecha de toma de muestra:</b> 4 de Octubre del 2018	<b>Fecha Ensayo:</b> 25 de Octubre del 2018
---	--	---	--



**Universidad Estatal Península de Santa Elena**  
**Facultad de Ciencias de La Ingeniería**  
**Carrera de Ingeniería Civil**



CONTENIDO DE HUMEDAD			
<b>Proyecto:</b>	Estudio de Suelo y estabilización del material granular existente con emulsion asfáltica para diseño de pavimento flexible	<b>Muestra # 2 :</b>	<b>TERRENO NATURAL</b>
<b>Tesistas:</b>	Danny Zavala - Cesar Zambrano	<b>Coordenadas</b>	<b>Norte:</b> 9792705
<b>Ubicación:</b>	Via Libertador Bolívar - Sitio Nuevo		<b>Este:</b> 532210

<b>RECIPIENTE #</b>	A
<b>MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA HUMEDA (P1)</b>	76,46
<b>MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA SECA (P2)</b>	67,33
<b>MASA DE RECIPIENTE (P4)</b>	16,85

<b>% DE HUMEDAD</b>	18,09
---------------------	-------

<b>Laboratorista:</b> Danny zavala Guanoluisa Cesar Zambrano Vera	<b>Revisado:</b> Ing. Lucrecia Moreno <b>Responsable:</b> Ing. Nelson Alvarez	<b>Fecha de toma de muestra:</b> 4 de Octubre del 2018	<b>Fecha ensayo:</b> 5 de Octubre del 2018
---	--	---	---



**Universidad Estatal Península de Santa Elena**  
**Facultad de Ciencias de La Ingeniería**  
**Carrera de Ingeniería Civil**



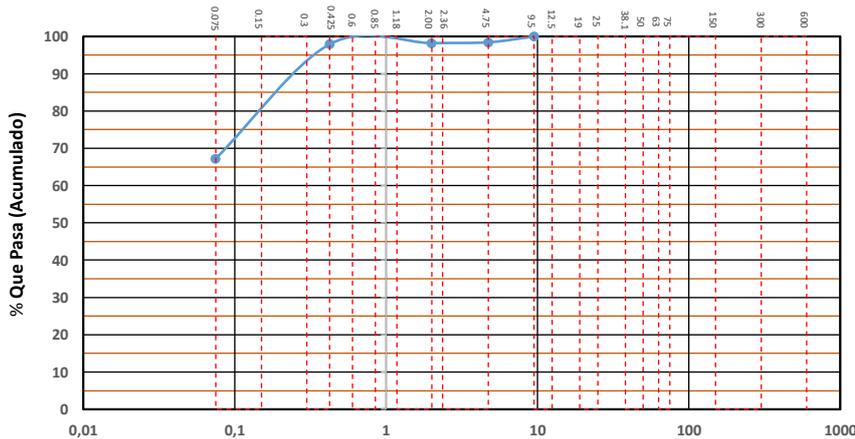
DETERMINACION DE LA DISTRIBUCION GRANULOMETRICA DE SUELOS Y AGREGADOS GRUESOS Y FINOS			
<b>Proyecto:</b>	Estudio de Suelo y estabilizacion del material granular existente con emulsion asfaltica para diseño de pavimento flexible	<b>Muestra # 2:</b>	<b>TERRENO NATURAL</b>
<b>Tesistas:</b>	Danny Zavala - Cesar Zambrano	<b>Coordenadas</b>	<b>Norte:</b> 9792705
<b>Ubicación:</b>	Via Libertador Bolivar - Sitio Nuevo		<b>Este:</b> 532210

Ensayo de Contenido de Humedad	Material Serie	
	Gruesa	Fina
Resipiente N°		A
Masa de Recipiente + Muestra Humeda (P1)		76,46
Masa de Recipiente + Muestra Seca (P2)		67,33
Masa de Agua (P3 = P1 - P2)		9,13
Masa de Recipiente (P4)		16,85
Masa de Muestra Seca (P5= P2-P4)		50,48
% de Humedad (W= P3 × 100 ÷ P5)		18,09

SERIE GRUESA				
Tamiz ASTM	Abertura / N°.	Masa Retenida		% Pasante acumulado
		Parcial	Acumulada	
600 mm.	24 "			
300 mm.	12 "			
150 mm.	6 "			
75 mm.	3 "	0	0	100,00
63 mm.	2 1/2"	0	0,0	100,00
50 mm.	2 "	0	0,0	100,00
38,1 mm.	1 1/2"	0	0,0	100,00
25 mm.	1 "	0	0,0	100,00
19 mm.	3/4"	0	0,0	100,00
12,5 mm.	1/2"	0	0,0	100,00
9,5 mm.	3/8"	0	0,0	100,00
4,75 mm.	No.4	0,93	0,9	98,44
Pasa No. 4			59 gr.	

SERIE FINA					
Tamiz ASTM	Abertura / N°.	Masa Retenida		% Pasante acumulado	% Pasante corregido
		Parcial	Acumulada		
2,36 mm.	No. 8				
2 mm.	No. 10	0,11	0,11	99,78	98,23
1,18 mm.	No. 16				
0,85 mm.	No. 20				
0,60 mm.	No. 30				
0,425 mm.	No. 40	0,15	0,26	99,48	97,93
0,3 mm.	No. 50				
0,15 mm.	No. 100				
0,075 mm.	No. 200	15,74	16	68,30	67,24
Pasa No. 200					
Masa inicial del material para lavado =		60 gr.			
Masa inicial del material para lavado =		50,5 gr.			
Masa Total del Material utilizado para el ensayo (gr)				59,6	

**CURVA DE DISTRIBUCION GRANULOMETRICA**  
**TAMICES ASTM (Abertura en Milímetros)**



Distribucion del Tamaño de las Partículas Valores expresados en porcentajes			
Pedron Rodado (>12")			0,0
Canto Rodado (12"-3")			0,0
Grava (3"-N°4)	Gruesa (3"-3/4")	0,00	1,6
	Fina (3/4"-N°4)	1,6	
Arena (N°4-N°200)	Gruesa (N°4-N°10)	0,2	31,2
	Media (N°10-N°40)	0,3	
	Fina (N°40-N°200)	30,7	
Finos (>N°200)			67,24

Condiciones de Filtro	
D15 =	Cu=
D30=	
D60=	Cc=
Cu>=4	
1>Cc>3	

Laboratorista: Danny Zavala Guanoluisa Cesar Zambrano Vera	Revisado: Ing. Lucrecia Morena Responsable: Ing. Nelson Alavarez	Fecha de toma de muestra : 4 de Octubre del 2018	Fecha Ensayo: 25 de Octubre del 2018
--	---	---	---



**Universidad Estatal Península de Santa Elena**  
**Facultad de Ciencias de La Ingeniería**  
**Carrera de Ingeniería Civil**



**DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS**

<b>Proyecto:</b>	Estudio de Suelo y estabilizacion del material granular existente con emulsion asfaltica para diseño de pavimento flexible	<b>Muestra # 2:</b>	<b>TERRENO NATURAL</b>
<b>Tesistas:</b>	Danny Zavala - Cesar Zambrano	<b>Coordenadas</b>	<b>Norte:</b> 9792705
<b>Ubicación:</b>	Via Libertador Bolivar - Sitio Nuevo		<b>Este:</b> 532210

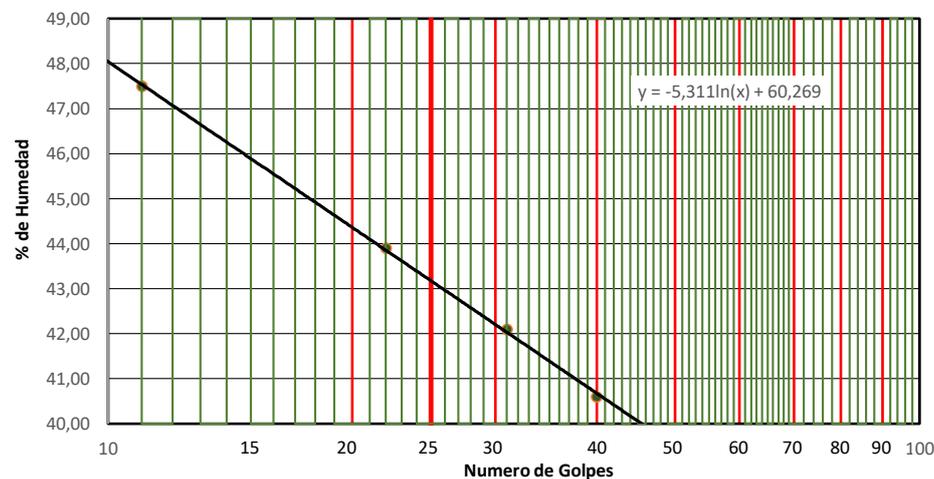
**DATOS DEL ENSAYO**

RECIPIENTE #	V2	6	P	R
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA HUMEDA (P1)	20,43	23,67	23,03	21,44
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA SECA (P2)	16,80	19,28	19,03	17,99
MASA DE AGUA ( P3 = P1 -P2 )	3,63	4,39	4,00	3,45
MASA DE RECIPIENTE (P4)	9,15	9,27	9,52	9,50
MASA DE MUESTRA SECA ( P5 = P2- P4 )	7,65	10,01	9,51	8,49
% DE HUMEDAD ( W = P3* 100 ÷ P5 )	47,50	43,90	42,10	40,60
# DE GOLPES	11	22	31	40

**DATOS DEL ENSAYO**

RECIPIENTE #	15	2	5
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA HUMEDA (P1)	14,32	14,58	14,96
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA SECA (P2)	13,12	13,35	13,69
MASA DE AGUA ( P3 = P1 -P2 )	1,20	1,23	1,27
MASA DE RECIPIENTE (P4)	9,20	9,32	9,49
MASA DE MUESTRA SECA ( P5 = P2- P4 )	3,92	4,03	4,20
% DE HUMEDAD ( W = P3* 100 ÷ P5 )	30,61	30,52	30,24

SEGUN LA CARTA DE LA COMPOSICION MINERALOGICA EN LA PLASTICIDAD (DAY, 1999)



**RESULTADOS**

<b>LIMITE LIQUIDO =</b>	<b>43,17</b>
<b>LIMITE PLASTICO=</b>	<b>30,46</b>
<b>INDICE DE PLASTICIDAD=</b>	<b>12,72</b>

CLASIFICACION SEGÚN CARTA DE PLASTICIDAD ASTM D-2487 SUCS  
**OL**

<b>Laboratorista:</b> Danny Zavala Guanoluisa Cesar Zambrano Vera	<b>Revisado:</b> Ing. Lucrecia Moreno Responsable: Ing. Nelson Alvarez	<b>Fecha de toma de muestra :</b> 4 de Octubre del 2018	<b>Fecha Ensayo:</b> 25 de Octubre del 2018
---	---	--	--



**Universidad Estatal Península de Santa Elena**  
**Facultad de Ciencias de La Ingeniería**  
**Carrera de Ingeniería Civil**



**C.B.R - DENSIDADES**

<b>Proyecto:</b>	Estudio de Suelo y estabilizacion del material granular existente con emulsion asfaltica para diseño de pavimento flexible	<b>Muestra # 2 :</b>	<b>TERRENO NATURAL</b>	
<b>Tesistas:</b>	Danny Zavala - Cesar Zambrano	<b>Coordenadas</b>	<b>Norte:</b>	9792705
<b>Ubicación:</b>	Via Libertador Bolivar - Sitio Nuevo		<b>Este:</b>	532210

MOLDE Nº-	XIV				
PESO MOLDE	6,917			PESO DEL MARTILLO	10Lb
VOLUMEN MOLDE	0,00234389			ALTURA DEL MOLDE	18 "
No DE GOLPES CAPA	TN				

Nº de ensayo		1	2	3
<b>ANTES DE LA INMERSION</b>				
		TN		
<b>HUMEDAD</b>	Nº recipiente	P		
	Wh + r	86		
	Ws + r	74		
	Ww	11,65		
	r	17,15		
	Ws	57,12		
	w (%)	20,40		
MOLDE DE NUMERO		XIV		
Molde + suelo humedo	p	10,767		
Molde		6,917		
Suelo humedo	W	3,85		
Suelo seco= 100w/(100+W)	Ws	3,198		
Contenido de agua	w	20,40		
Densidad humeda	h	1643		
Densidad humeda	s	1364		

<b>DESPUES DE LA INMERSION</b>							
		ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO
<b>HUMEDAD</b>	Nº recipiente	P	J				
	Wh + r	116,15	117,88				
	Ws + r	89,45	91,23				
	Ww	26,7	26,65				
	r	16,33	17,13				
	Ws	73,12	74,1				
	w (%)	36,52	35,96				
<b>Promedio w (%)</b>		36,24					
Molde + suelo humedo	p	11,15					
Molde		6,917					
Suelo humedo	W	4,23					
Suelo seco	Ws	3,105					
Contenido de agua	w	36,52					
Densidad humeda	h	1805					
Densidad seca	s	1325					

<b>HINCHAMIENTO</b>			
Lectura inicial		0,005	
24 horas		0,049	
48 horas		0,052	
72 horas		1,037	
96 horas			
<b>HINCHAMIENTO %</b>		22,7	

CBR	%		
Densidad seca	ys	1364	

Laboratorista: Danny Zavala Guanoluisa Cesar Zambrano Vera	Revisado: Ing. Lucrecia Moreno Responsable: Ing. Nelson Alvarez	Fecha toma de muestra : 4 de Octubre del 2018	Fecha Ensayo: 25 de Octubre del 2018
--	--	--	---



**Universidad Estatal Península de Santa Elena**  
 Facultad de Ciencias de La Ingeniería  
 Carrera de Ingeniería Civil



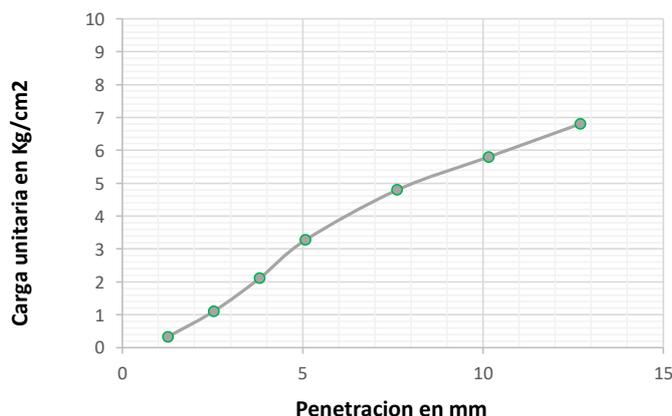
<b>C.B.R - PENETRACION</b>			
<b>Proyecto:</b>	Estudio de Suelo y estabilizacion del material granular existente con emulsion asfaltica para diseño de pavimento flexible	<b>Muestra # 2:</b>	<b>TERRENO NATURAL</b>
<b>Tesistas:</b>	Danny Zavala - Cesar Zambrano	<b>Coordenadas</b>	<b>Norte:</b> 9792705
<b>Ubicación:</b>	Vía Libertador Bolívar - Sitio Nuevo		<b>Este:</b> 532210

<b>MOLDE Nº-</b>	XIV				
<b>PESO MOLDE</b>	6,917			<b>PESO DEL MARTILLO:</b>	10 Lb
<b>VOLUMEN MOLDE</b>	0,00234389			<b>ALTURA DEL MARTILLO:</b>	18 "
<b>No DE GOLPES CAPA</b>	TN				

NUMERO DE ENSAYO	1	2	3	1	2	3
------------------	---	---	---	---	---	---

Tamiz ASTM Abertura /Nº	CARGA DE PENETRACION EN Lb			CARGA DE PENETRACION EN Kg		
1,27 mm (0.05")	14,30			6,5		
2,54 mm (0.10")	47,30			21,5		
3,81 mm (0.15")	90,20			41,0		
5,08 mm (0.20")	139,70			63,5		
7,62 mm (0.30")	204,60			93,0		
10,16 mm (0.40")	247,50			112,5		
12,70 mm (0.50")	290,40			132,0		

Tamiz ASTM Abertura /Nº	CARGA DE PENETRACION EN Lb/pulg2			CARGA DE PENETRACION EN Kg/cm2		
1,27 mm (0.05")	4,76			0,335		
<b>2,54 mm (0.10")</b>	<b>15,73</b>			<b>1,109</b>		
3,81 mm (0.15")	30,00			2,114		
<b>5,08 mm (0.20")</b>	<b>46,47</b>			<b>3,274</b>		
7,62 mm (0.30")	68,06			4,795		
10,16 mm (0.40")	82,33			5,800		
12,70 mm (0.50")	96,60			6,806		



Nº de Golpes	Esfuerzo de penetracion	
	0.10 pulg	0.20 pulg
TN	1,11	3,27

C.B.R	%	
TN	1,57	3,10

<b>Laboratorista:</b> Danny Zavala Guanoluisa Cesar Zambrano Vera	<b>Revisado:</b> Ing. Lucrecia Moreno <b>Responsable:</b> Ing. Nelson Alvarez	<b>Fecha de toma de muestra:</b> 4 de Octubre del 2018	<b>Fecha de ensayo:</b> 25 de Octubre del 2018
---	--	---	---



## RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO



<b>PROYECTO:</b>		Estudio de Suelo y estabilización del material granular existente con emulsion asfáltica para diseño de pavimento flexible									
<b>CALICATA #</b>	4			<b>Tesistas:</b>	Danny Erwin Zavala Guanoluisa	<b>Fecha inicio de ensayos :</b>	5 de Octubre del 2018		<b>Coordenadas</b>	Norte:	9793222
<b>Ubicación:</b>	Via Libertador Bolivar - Sitio Nuevo				Cesar Antonio Zambrano Vera	<b>Fecha de fin de ensayos:</b>	30 de octubre del 2018			Este:	533267

DESCRIPCION	ESTRATIGRAFIA	MUESTRA		CLASIFICACION		W	LL	LP	IP	PROCTOR		GRANULOMETRIA				PROPIEDADES INDICE			AASTHO	CORRELACION	
		#	Prof.	SUCS	AASTHO	%	%	%	%	ys	w opt	No.4	No.10	No.40	No.200	CBR	I.L	C.R	C.c	$\frac{W}{IP} \geq 2.5$	(Su/σ'vo)NC
										Kg/m3						%					
GRAVAS CON MEZCLA DE ARENA Y ARCILLA DE COLOR GRIS		1	0,20	GM-GP	A-2-7	12,83	32,38	24,30	8,08	1752,09	16,75	31,53	22,31	15,47	10,50	22,30	-1,4202	2,4202	0,2014	4,0077	0,14
GRAVAS CON MEZCLA DE ARENA Y ARCILLAS DE COLOR GRIS		2	0,15	GC	A-2-7	19,03	41,00	26,29	14,71	1673,64	19,36	35,85	32,29	25,66	16,94	5,00	-0,4935	1,4935	0,279	2,7865	0,16
MEZCLA DE ARENA Y ARCILLA DE BAJA Y MEDIA PLASTICIDAD DE COLOR CREMA		3	1,15	CL	A-7-6	10,40	59,02	24,72	34,30	-	-	100,00	99,90	99,53	77,53	2,01	-0,4177	1,4177	0,4412	1,7208	0,24

$IL = \frac{(W - W_p)}{IP}$ <p>En los suelos plasticos el indice de liquidez es indicativo de la historia de los esfuerzos a la que ha estado sometido el suelo en donde:</p> <p>IL=0, el suelo estara consolidado (OC)          0,7 &lt; IL &lt; 1, el suelo estara normalmente consolidado (NC)          IL &gt;1, el suelo es sensitivo</p> <p>Correlacion:  <math>(Su/\sigma'vo)NC = 0,11 + 0,0037 * IP(\%)</math></p> <p>Suelos normalmente consolidados, OCR = 1</p>	<div style="text-align: center;"> </div> <p>Decrecimiento del contenido de agua          Incremento del OCR, Ko          Incremento de resistencia, modulos de deformacion          Decrecimiento de la compresibilidad          Decrecimiento LI (Indice de liquidez)</p> <p>NC= Normalmente consolidada          LOC= Ligeramente sobreconsolidado          HOC= Altamente sobreconsolidado          OCR= Relacion de sobreconsolidado = <math>\frac{\sigma'v}{\sigma'vo}</math>  <math>\sigma'p</math>= Maxim o  <math>\sigma'vo</math>= Esfuerzo vertical efectivo de campo  <math>\sigma'ho</math>= Esfuerzo horizontal efectivo de campo          Ko= Coeficiente de presion de tierra en reposo = <math>\frac{\sigma'ho}{\sigma'vo}</math></p> <p style="text-align: center;"><b>Variacion cualitativa de los parametros que definen el comportamiento mecanico de los suelos finos ante posibles cambios de sus estados de consistencia, EPRL</b></p>	<p><b>Terzaghi &amp; Peck, 1967</b></p> <p style="text-align: center;"><math>Cc = 0,009 \times (LL - 10)</math></p> <p>La compresibilidad de los suelos puede expresarse:</p> <p>Baja: Cc de 0,00 a 0,19          Media: Cc de 0,20 a 0,39          Alta: Cc de 0,40 a mas</p> <p><b>Consistencia Relativa (C.R)</b></p> <p>C.R entre 0,00 a 0,25 Suelo muy Suave          C.R entre 0,25 a 0,50 Suelo Suave          C.R entre 0,50 a 0,75 Consistencia Media          C.R entre 0,75 a 1,00 Consistencia Rigida          LL&gt;50% Se puede decir que la arcilla es expansiva          o          (LL/LP)&lt;2.5 Tipo de suelo:          CH A-7-6 SUCS AASTHO</p>
--	---	---



Universidad Estatal Península de Santa Elena  
Facultad de Ciencias de La Ingeniería  
Carrera de Ingeniería Civil



DETERMINACION DE LA ABRASION DE LOS ANGELES			
<b>Proyecto:</b>	Estudio de Suelo y estabilizacion del material granular existente con emulsion asfaltica para diseño de pavimento flexible	<b>Muestra # 1 :</b>	<b>RELLENO</b>
<b>Tesistas:</b>	Danny zavala - Cesar Zambrano	Coordenadas	NORTE: 9793222
<b>Ubicación:</b>	Libertador Bolivar - Sitio Nuevo		ESTE: 533267

<b>FORMULA</b>	$\% \text{ DE PERDIDA} = \frac{PI - Pt}{PI}$ <p>PI= Peso antes del ensayo Pt= Peso despues de tamizar por N°12</p>
----------------	--

**Metodo :** 3

12 N° de Esferas, 1000 N° de revoluciones, 30 minutos de tiempo de rotacion

TAMIZ		PESO ANTES DEL ENSAYO	PESO DESPUES POR TAMIZ No 12 (gr)	% DE PERDIDA
PASA	RETIENE			
1 1/2"	1"	5000 ±25		
1"	3/4"	5000 ±25		
		10000	7910	20,9%

**% perdida = 20,9%**

Observaciones :

<b>Laboratorista:</b> Danny zavala Guanoluisa Cesar Zambrano Vera	<b>Revisado:</b> Ing. Lucrecia Moreno <b>Responsable:</b> Ing. Nelson Alvarez	<b>Fecha de toma de muestra:</b> 4 de Octubre del 2018	<b>Fecha de ensayo:</b> 5 de Octubre del 2018
---	--	---	--



Universidad Estatal Península de Santa Elena  
Facultad de Ciencias de La Ingeniería  
Carrera de Ingeniería Civil



CONTENIDO DE HUMEDAD			
<b>Proyecto:</b>	Estudio de Suelo y estabilizacion del material granular existente con emulsion asfaltica para diseño de pavimento flexible	<b>Muestra # 1 :</b>	<b>RELLENO</b>
<b>Tesistas:</b>	Danny Zavala - Cesar Zambrano	<b>Coordenadas</b>	<b>Norte:</b> 9793222
<b>Ubicación:</b>	Vía Libertador Bolivar - Sitio Nuevo		<b>Este:</b> 533267

<b>RECIPIENTE #</b>	2	
<b>MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA HUMEDA (P1)</b>	725,00	
<b>MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA SECA (P2)</b>	647,00	
<b>MASA DE RECIPIENTE (P4)</b>	38,86	
<b>% DE HUMEDAD</b>		12,83

<b>Laboratorista:</b> Danny zavala Guanoluisa Cesar Zambrano Vera	<b>Revisado:</b> Ing. Lucrecia Moreno <b>Responsable:</b> Ing. Nelson Alvarez	<b>Fecha de toma de muestra:</b> 4 de Octubre del 2018	<b>Fecha ensayo:</b> 5 de Octubre del 2018
---	--	---	---



**Universidad Estatal Península de Santa Elena**  
**Facultad de Ciencias de La Ingeniería**  
**Carrera de Ingeniería Civil**



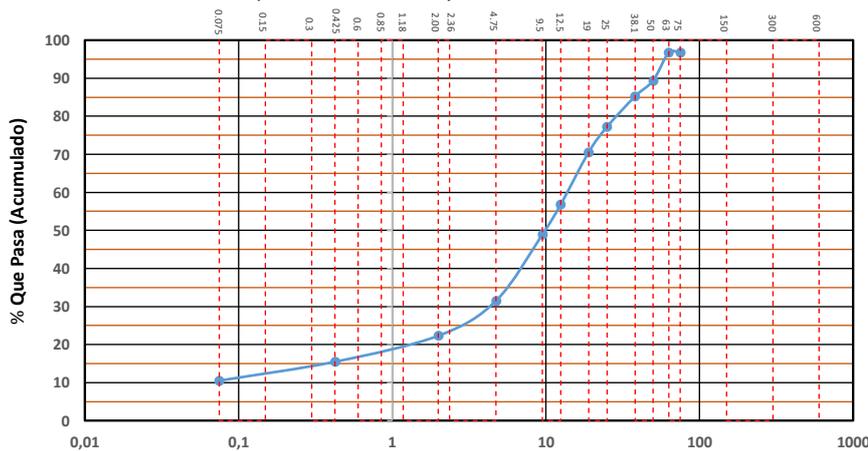
DETERMINACION DE LA DISTRIBUCION GRANULOMETRICA DE SUELOS Y AGREGADOS GRUESOS Y FINOS			
Proyecto:	Estudio de Suelo y estabilizacion del material granular existente con emulsion asfaltica para diseño de pavimento flexible	Muestra # 1:	<b>Relleno</b>
Tesistas:	Danny Zavala - Cesar Zambrano	Coordenadas	Norte: 9793222
Ubicación:	Via Libertador Bolivar - Sitio Nuevo		Este: 533267

Ensayo de Contenido de Humedad	Material Serie	
	Gruesa	Fina
Resipiente N°	C	F
Masa de Recipiente + Muestra Humeda (P1)	2547,00	610,00
Masa de Recipiente + Muestra Seca (P2)	2310,00	558,00
Masa de Agua (P3 = P1 -P2)	237	52,00
Masa de Recipiente (P4)	157,00	65,06
Masa de Muestra Seca (P5= P2-P4)	2153	492,94
% de Humedad (W= P3 × 100 ÷ P5)	11,01	10,55

SERIE GRUESA				
Tamiz ASTM	Abertura / N°.	Masa Retenida		% Pasante acumulado
		Parcial	Acumulada	
600 mm.	24 "			
300 mm.	12 "			
150 mm.	6 "			
75 mm.	3 "	344	309,8878661	96,73
63 mm.	2 1/2"	0	309,9	96,73
50 mm.	2 "	770	1003,5	89,41
38,1 mm.	1 1/2"	438	1398,1	85,25
25 mm.	1 "	846	2160,2	77,20
19 mm.	3/4"	702	2792,6	70,53
12,5 mm.	1/2"	1443	4092,5	56,81
9,5 mm.	3/8"	827	4837,5	48,95
4,75 mm.	No.4	1832	6487,8	31,53
Pasa No. 4		3303	2987,816677	

SERIE FINA					
Tamiz ASTM	Abertura / N°.	Masa Retenida		% Pasante acumulado	% Pasante corregido
		Parcial	Acumulada		
2,36 mm.	No. 8				
2 mm.	No. 10	79,33	79,33	70,77	22,31
1,18 mm.	No. 16				
0,85 mm.	No. 20				
0,60 mm.	No. 30				
0,425 mm.	No. 40	58,87	138,2	49,07	15,47
0,3 mm.	No. 50				
0,15 mm.	No. 100				
0,075 mm.	No. 200	42,84	181,04	33,29	10,50
Pasa No. 200					
Masa inicial del material para lavado =			300 gr.		
Masa inicial del material para lavado =			271,4 gr.		
Masa Total del Material utilizado para el ensayo (gr)				9475,6	

**CURVA DE DISTRIBUCION GRANULOMETRICA**  
**TAMICES ASTM (Abertura en Milímetros)**



Distribucion del Tamaño de las Partículas Valores expresados en porcentajes		
Pedron Rodado (>12")		0,0
Canto Rodado (12"-3")		0,0
Grava (3"-N°4)	Gruesa (3"-3/4")	29,47
	Fina (3/4"-N°4)	39,0
Arena (N°4-N°200)	Gruesa (N°4-N°10)	9,2
	Media (N°10-N°40)	6,8
	Fina (N°40-N°200)	5,0
Finos (>N°200)		10,50

Condiciones de Filtro		
D15 =	0,392	Cu= 35,77
D30=	4,293	
D60=	14,011	Cc= 3,36
Cu ≥ 4 SI CUMPLE		
1 > Cc > 3 NO CUMPLE		

Laboratorista: Danny Zavala Guanoluisa Cesar Zambrano Vera	Revisado: Ing. Lucrecia Morena Responsable: Ing. Nelson Alvarez	Fecha de toma de muestra : 4 de Octubre del 2018	Fecha Ensayo: 25 de Octubre del 2018
--	--	---	---



**Universidad Estatal Península de Santa Elena**  
**Facultad de Ciencias de La Ingeniería**  
**Carrera de Ingeniería Civil**



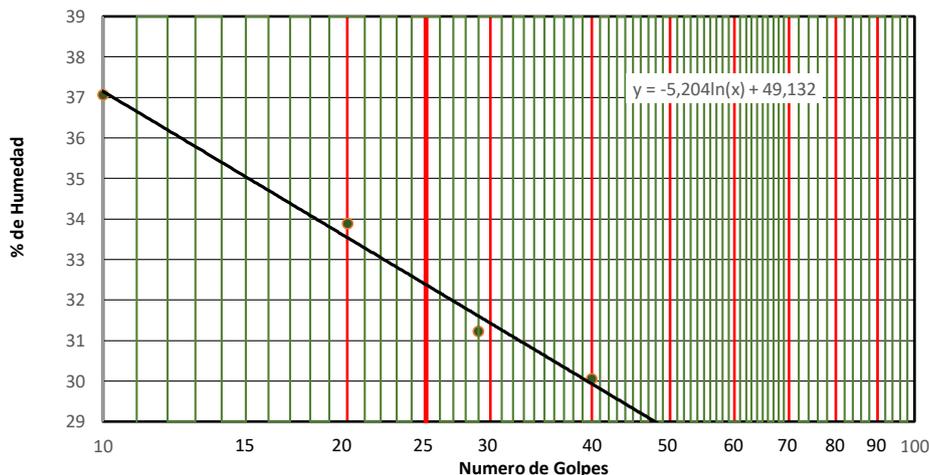
**DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS**

<b>Proyecto:</b>	Estudio de Suelo y estabilizacion del material granular existente con emulsion asfaltica para diseño de pavimento flexible	<b>Muestra # 1:</b>	<b>RELLENO</b>	
<b>Tesistas:</b>	Danny Zavala - Cesar Zambrano	<b>Coordenadas</b>	<b>Norte:</b>	9793222
<b>Ubicación:</b>	Vía Libertador Bolivar - Sitio Nuevo		<b>Este:</b>	533267

DATOS DEL ENSAYO						
RECIPIENTE #	P	W1	P4	I4		
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA HUMEDA (P1)	23,19	23,08	24,59	23,12		
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA SECA (P2)	19,49	19,53	20,91	19,88		
MASA DE AGUA (P3 = P1 - P2)	3,70	3,55	3,68	3,24		
MASA DE RECIPIENTE (P4)	9,52	9,05	9,14	9,11		
MASA DE MUESTRA SECA (P5 = P2 - P4)	9,97	10,48	11,77	10,77		
% DE HUMEDAD (W = P3 * 100 ÷ P5)	37,07	33,89	31,23	30,06		
# DE GOLPES	10	20	29	40		

DATOS DEL ENSAYO				
RECIPIENTE #	W4	N2	P2	
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA HUMEDA (P1)	14,65	14,44	14,61	
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA SECA (P2)	13,57	13,44	13,56	
MASA DE AGUA (P3 = P1 - P2)	1,08	1,00	1,05	
MASA DE RECIPIENTE (P4)	9,14	9,33	9,22	
MASA DE MUESTRA SECA (P5 = P2 - P4)	4,43	4,11	4,34	
% DE HUMEDAD (W = P3 * 100 ÷ P5)	24,38	24,33	24,19	

SEGUN LA CARTA DE LA COMPOSICION MINERALOGICA EN LA PLASTICIDAD (DAY, 1999)



RESULTADOS	
LIMITE LIQUIDO =	<b>32,38</b>
LIMITE PLASTICO =	<b>24,30</b>
INDICE DE PLASTICIDAD =	<b>8,08</b>

CLASIFICACION SEGÚN CARTA DE PLASTICIDAD ASTM D-2487 SUCS  
**GW-GC**

Laboratorista: Danny Zavala Guanoluisa Cesar Zambrano Vera	Revisado: Ing. Lucrecia Moreno Responsable: Ing. Nelson Alvarez	Fecha de toma de muestra : 4 de Octubre del 2018	Fecha Ensayo: 25 de Octubre del 2018
--	--	---	---



# Universidad Estatal Península de Santa Elena

Facultad de Ciencias de La Ingeniería

Carrera de Ingeniería Civil



## DETERMINACION DE LA RELACION HUMEDAD - DENSIDAD DE SUELOS

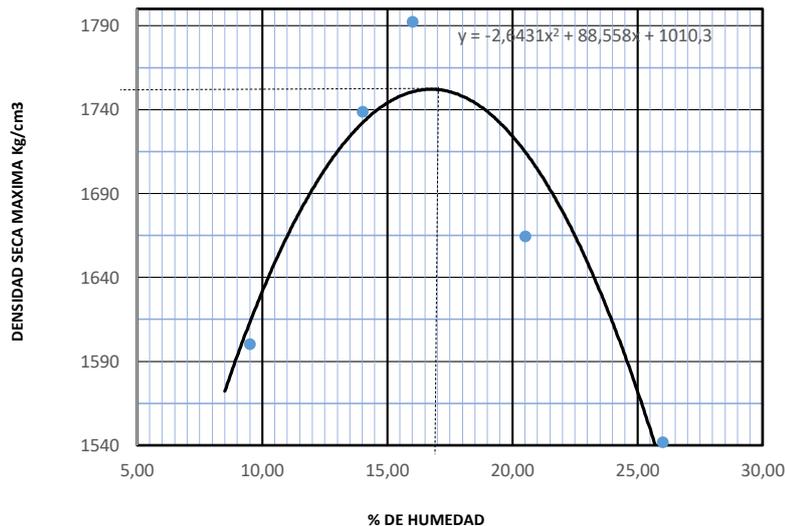
<b>Proyecto:</b>	Estudio de Suelo y estabilizacion del material granular existente con emulsion asfaltica para diseño de pavimento flexible	<b>Muestra # 1:</b>	<b>RELLENO</b>	
<b>Tesistas:</b>	Danny Zavala - Cesar Zambrano	<b>Coordenadas</b>	<b>Norte:</b>	9793222
<b>Ubicación:</b>	Libertador Bolívar - Sitio Nuevo		<b>Este:</b>	533267

PESO DEL CILINDRO (P7)	5364
VOLUMEN DEL CILINDRO (V)	2057,73
PESO DEL MARTILLO (Kg.)	4,54
ALTURA DE CAIDA DEL MARTILLO (cm.)	45,72
TIPO DE ENSAYO	Modificado
# DE CAPAS	5
# DE GOLPES POR CAPA	56

Modificado Metodo C;  
 Porcion que pasa en la malla No 3/4. Puede usarse si mas de 20% por peso del material es retenido en la malla de 9,5mm (3/4 pulg) y menos de 30% por peso es retenido en la malla de 19,00 mm (3/4 pulg).

### DATOS DEL ENSAYO

PUNTO #	1		2		3		4		5		6	
	Grueso	Fino										
<b>Material de ensayo</b>												
<b>RECIPIENTE #</b>	P		A		W		RG		J			
<b>MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA HUMEDA (P1)</b>	95		110		103		116		142			
<b>MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA SECA (P2)</b>	88		100		91		99		116			
<b>MASA DE AGUA ( P3 = P1 - P2 )</b>	7		10		12		17		26			
<b>MASA DE RECIPIENTE (P4)</b>	16		16		17		17		17			
<b>MASA DE MUESTRA SECA ( P5 = P2 - P4 )</b>	72		83		74		82		99			
<b>% DE HUMEDAD ( W = P3* 100 ÷ P5 )</b>	9		12		16		21		26			
<b>% DE HUMEDAD PROMEDIO</b>	9,50		14,00		16,00		20,50		26,00			
<b>% DE HUEMEDAD AÑADIDA AL SUELO</b>	TN		150		300		500		800			
<b>MASA DE CILINDRO + SUELO HUMEDO (P6)</b>	8969		9371		9642		9491		9361			
<b>MASA DE SUELO HUMEDO (P8=P6-P7)</b>	3605		4007		4278		4127		3997			
<b>DENSIDAD HUMEDA DEL SUELO (Dh= P8 ÷ v )</b>	1752		1947		2079		2006		1942			
<b>DENSIDAD SECA DEL SUELO (Ds = Dh ÷ ( 1 + w ÷ 100 ) )</b>	1600		1739		1792		1664		1542			



RESULTADOS
Ds densidad Seca Maxima 1752 Kg./m3
% de Humedad Optima 16,8 %

<b>Laboratorista:</b> Danny Zavala Guanoluisa Cesar Zambrano Vera	<b>Revisado:</b> Ing. Lucrecia Moreno <b>Responsable:</b> Ing. Nelson Alvarez	<b>Fecha de toma de muestra :</b> 4 de Octubre del 2018	<b>Fecha Ensayo:</b> 25 de Octubre del 2018
---	--	--	--



**Universidad Estatal Península de Santa Elena**  
**Facultad de Ciencias de La Ingeniería**  
**Carrera de Ingeniería Civil**



**C.B.R - DENSIDADES**

<b>Proyecto:</b>	Estudio de Suelo y estabilización del material granular existente con emulsion asfáltica para diseño de pavimento flexible	<b>Muestra # 1 :</b>	<b>RELLENO</b>	
<b>Tesistas:</b>	Danny Zavala - Cesar Zambrano	<b>Coordenadas</b>	<b>Norte:</b>	9793222
<b>Ubicación:</b>	Via Libertador Bolívar - Sitio Nuevo		<b>Este:</b>	533267

MOLDE Nº-	III	XVII	2		
PESO MOLDE	5,826	6,858	6,453	PESO DEL MARTILLO	10Lb
VOLUMEN MOLDE	0,00234431	0,00235917	0,00236735	ALTURA DEL MOLDE	18 "
No DE GOLPES CAPA	12	25	56		

Nº de ensayo		1	2	3			
<b>ANTES DE LA INMERSION</b>							
		12 Golpes de capa	25 Golpes de capa	56 Golpes de capa			
<b>HUMEDAD</b>	Nº recipiente	A	J	F			
	Wh + r	206	185	233			
	Ws + r	181	162	206			
	Ww	25,50	23,00	27,40			
	r	34,41	32,25	54,21			
	Ws	146,09	129,75	151,39			
	w (%)	17,45	17,73	18,10			
<b>MOLDE DE NUMERO</b>		III	XVII	2			
Molde + suelo humedo	p	10,109	11,439	11,143			
Molde		5,826	6,858	6,453			
Suelo humedo	W	4,283	4,581	4,69			
Suelo seco= 100w/(100+W)	Ws	3,647	3,891	3,971			
Contenido de agua	w	17,45	17,73	18,10			
Densidad humeda	h	1827	1942	1981			
Densidad humeda	s	1555	1649	1678			
<b>DESPUES DE LA INMERSION</b>							
		ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO		
<b>HUMEDAD</b>	Nº recipiente	JS	W1	B	C10	Z1	C7
	Wh + r	105,3	121,8	121,8	114,9	110,8	105,7
	Ws + r	87	100,3	99,7	96,6	93,1	89,9
	Ww	18,3	21,5	22,1	18,3	17,7	15,8
	r	17,02	16,99	16,38	16,8	16,08	17,42
	Ws	69,98	83,31	83,32	79,8	77,02	72,48
	w (%)	26,15	25,81	26,52	22,93	22,98	21,80
<b>Promedio w (%)</b>		25,98	24,73	22,39			
Molde + suelo humedo	p	10,352	11,590	11,233			
Molde		5,826	6,858	6,453			
Suelo humedo	W	4,53	4,732	4,78			
Suelo seco	Ws	3,593	3,794	3,906			
Contenido de agua	w	26,15	26,52	22,98			
Densidad humeda	h	1931	2006	2019			
Densidad seca	s	1533	1608	1650			
<b>HINCHAMIENTO</b>							
Lectura inicial		0,024	0,013	0,012			
24 horas		0,047	0,032	0,020			
48 horas		0,051	0,034	0,021			
72 horas		0,051	0,034	0,022			
96 horas							
<b>HINCHAMIENTO %</b>		0,6	0,5	0,2			

<b>CBR</b>	%			
Densidad seca	ys	1555	1649	1678

Laboratorista: Danny Zavala Guanoluisa Cesar Zambrano Vera	Revisado: Ing. Lucrecia Moreno Responsable: Ing. Nelson Alvarez	Fecha toma de muestra : 4 de Octubre del 2018	Fecha Ensayo: 25 de Octubre del 2018
--	--	--	---



**Universidad Estatal Península de Santa Elena**  
**Facultad de Ciencias de La Ingeniería**  
**Carrera de Ingeniería Civil**



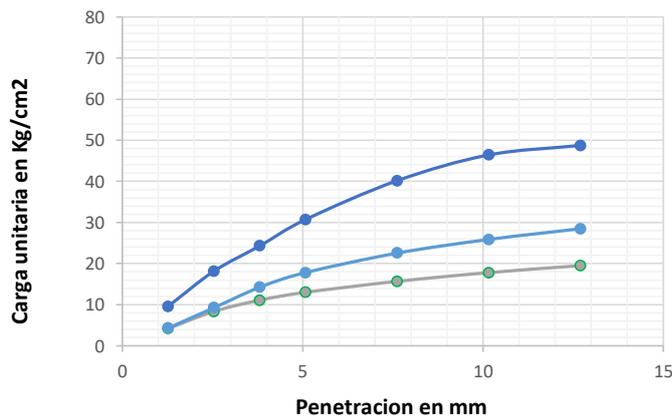
<b>C.B.R - PENETRACION</b>			
<b>Proyecto:</b>	Estudio de Suelo y estabilizacion del material granular existente con emulsion asfaltica para diseño de pavimento flexible	<b>Muestra # 1:</b>	<b>RELLENO</b>
<b>Tesistas:</b>	Danny Zavala - Cesar Zambrano	<b>Coordenadas</b>	<b>Norte:</b> 9793222
<b>Ubicación:</b>	Via Libertador Bolivar - Sitio Nuevo		<b>Este:</b> 533267

MOLDE Nº-	XIV	XV	XVII		
<b>PESO MOLDE</b>	5,826	6,858	6,453	<b>PESO DEL MARTILLO:</b>	10 Lb
<b>VOLUMEN MOLDE</b>	0,00234431	0,00235917	0,00236735	<b>ALTURA DEL MARTILLO:</b>	18 "
<b>No DE GOLPES CAPA</b>	12	25	56		

NUMERO DE ENSAYO	1	2	3	1	2	3

Tamiz ASTM Abertura /Nº	<b>CARGA DE PENETRACION EN Lb</b>			<b>CARGA DE PENETRACION EN Kg</b>		
1,27 mm (0.05")	178,64	183,70	409,86	81,2	83,5	186,3
2,54 mm (0.10")	356,84	395,12	774,62	162,2	179,6	352,1
3,81 mm (0.15")	473,44	607,64	1036,86	215,2	276,2	471,3
5,08 mm (0.20")	555,06	759,66	1310,54	252,3	345,3	595,7
7,62 mm (0.30")	669,02	962,28	1714,24	304,1	437,4	779,2
10,16 mm (0.40")	759,88	1103,96	1981,32	345,4	501,8	900,6
12,70 mm (0.50")	832,26	1215,28	2080,32	378,3	552,4	945,6

Tamiz ASTM Abertura /Nº	<b>CARGA DE PENETRACION EN Lb/pulg2</b>			<b>CARGA DE PENETRACION EN Kg/cm2</b>		
1,27 mm (0.05")	59,42	61,10	136,33	4,187	4,305	9,605
<b>2,54 mm (0.10")</b>	<b>118,70</b>	<b>131,43</b>	<b>257,66</b>	<b>8,363</b>	<b>9,260</b>	<b>18,154</b>
3,81 mm (0.15")	157,48	202,12	344,89	11,095	14,240	24,299
<b>5,08 mm (0.20")</b>	<b>184,63</b>	<b>252,69</b>	<b>435,93</b>	<b>13,008</b>	<b>17,803</b>	<b>30,713</b>
7,62 mm (0.30")	222,54	320,09	570,21	15,679	22,552	40,174
10,16 mm (0.40")	252,76	367,21	659,05	17,808	25,872	46,433
12,70 mm (0.50")	276,84	404,24	691,98	19,504	28,481	48,753



Nº de Golpes	Esfuerzo de penetracion	
	0.10 pulg	0.20 pulg
12	8,363	13,008
25	9,260	17,803
56	18,154	30,713

C.B.R	%	
12	11,87	12,31
25	13,14	16,85
56	25,77	29,06

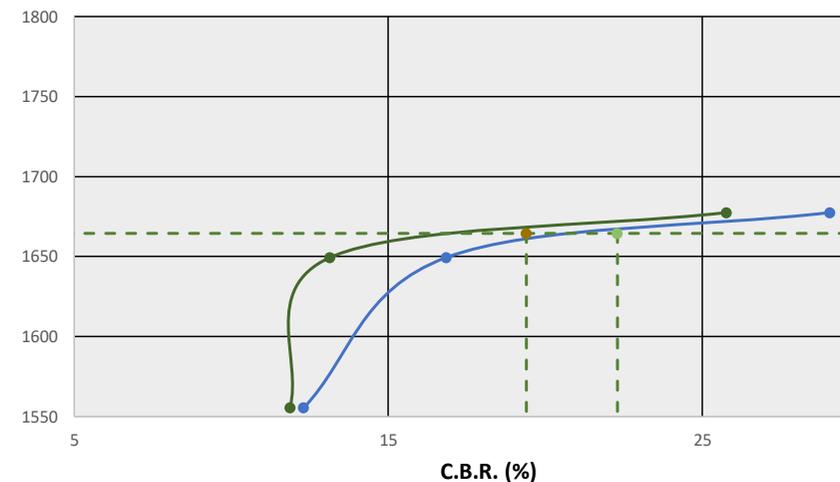
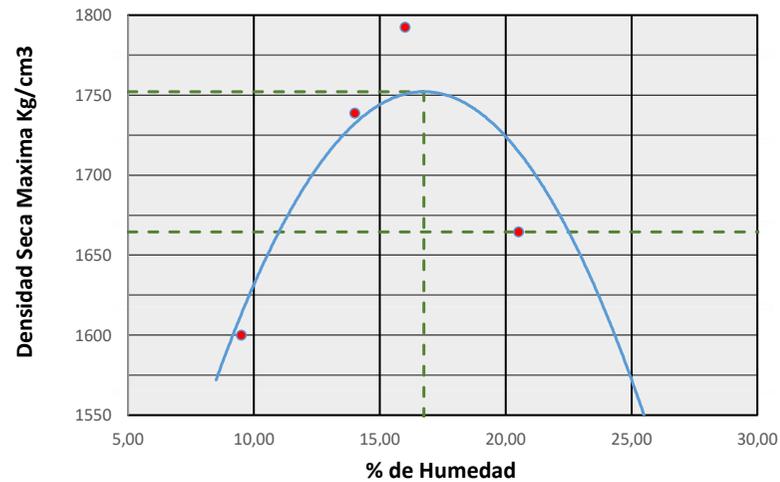
<b>Laboratorista:</b> Danny Zavala Guanoluisa Cesar Zambrano Vera	<b>Revisado:</b> Ing. Lucrecia Moreno <b>Responsable:</b> Ing. Nelson Alvarez	<b>Fecha de toma de muestra:</b> 4 de Octubre del 2018	<b>Fecha de ensayo:</b> 25 de Octubre del 2018
---	--	---	---



**Universidad Estatal Península de Santa Elena**  
**Facultad de Ciencias de La Ingeniería**  
**Carrera de Ingeniería Civil**



RELACION DE GRAFICO DE PROCTOR Y CBR			
<b>Proyecto:</b>	Estudio de Suelo y estabilizacion del material granular existente con emulsion asfaltica para diseño de pavimento flexible	<b>Muestra # 1:</b>	<b>RELLENO</b>
<b>Tesistas:</b>	Danny Zavala - Cesar Zambrano	<b>Coordenadas</b>	<b>Norte:</b> 9793222
<b>Ubicación:</b>	Via Libertador Bolivar - Sitio Nuevo		<b>Este:</b> 533267



**Densidad seca Max =** 1752,09 Kg/m3  
**Humedad optima =** 16,75 %  
**95 % Densidad seca Max =** 1664 Kg/m3

**CBR para 0,10" :** 19,40 %  
**CBR para 0,20" :** 22,30 %

Nº Golpes / capa	Densidad Kg/ m3	Carga Unitaria Kg/m2		Carga Unitaria Patron Kg/m2		C.B.R %		Expansión %
		0,10"	0,20"	0,10"	0,20"	0,10"	0,20"	
12	1555	8,363	13,008	70,45	105,68	11,87	12,31	0,6
25	1649	9,260	17,803	70,45	105,68	13,14	16,85	0,5
56	1678	18,154	30,713	70,45	105,68	25,77	29,06	0,2

<b>Laboratorista:</b> Danny Zavala Guanoluisa Cesar Zambrano Vera	<b>Revisado:</b> Ing. Lucrecia Moreno <b>Responsable:</b> Ing. Nelson Alvarez	<b>Fecha de toma de muestra:</b> 4 de Octubre del 2018	<b>Fecha Ensayo:</b> 25 de Octubre del 2018
---	--	---	--



**Universidad Estatal Península de Santa Elena**  
**Facultad de Ciencias de La Ingeniería**  
**Carrera de Ingeniería Civil**



<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>			
<b>Proyecto:</b>	Estudio de Suelo y estabilizacion del material granular existente con emulsion asfaltica para diseño de pavimento flexible	<b>Muestra # 2 :</b>	<b>RELLENO</b>
<b>Tesistas:</b>	Danny Zavala - Cesar Zambrano	<b>Coordenadas</b>	<b>Norte:</b> 9793222
<b>Ubicación:</b>	Vía Libertador Bolivar - Sitio Nuevo		<b>Este:</b> 533267

<b>RECIPIENTE #</b>	DC3	
<b>MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA HUMEDA (P1)</b>	609,00	
<b>MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA SECA (P2)</b>	519,00	
<b>MASA DE RECIPIENTE (P4)</b>	45,97	
<b>% DE HUMEDAD</b>		19,03

<b>Laboratorista:</b> Danny zavala Guanoluisa Cesar Zambrano Vera	<b>Revisado:</b> Ing. Lucrecia Moreno <b>Responsable:</b> Ing. Nelson Alvarez	<b>Fecha de toma de muestra:</b> 4 de Octubre del 2018	<b>Fecha ensayo:</b> 5 de Octubre del 2018
---	--	---	---



**Universidad Estatal Península de Santa Elena**  
**Facultad de Ciencias de La Ingeniería**  
**Carrera de Ingeniería Civil**



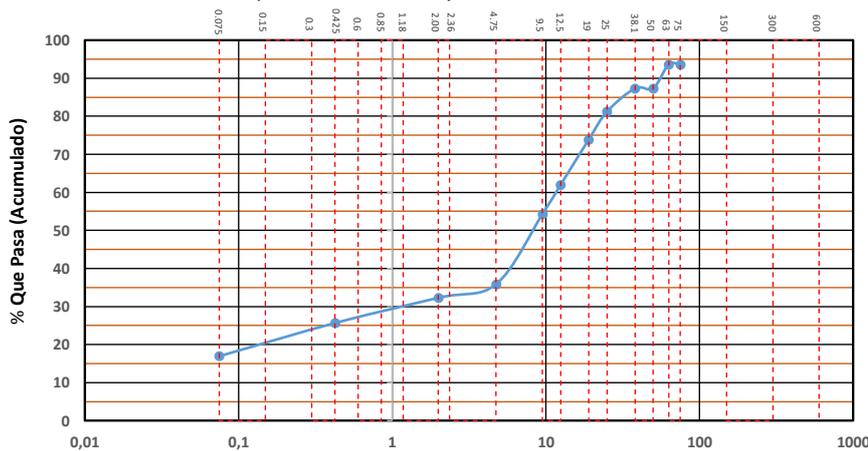
DETERMINACION DE LA DISTRIBUCION GRANULOMETRICA DE SUELOS Y AGREGADOS GRUESOS Y FINOS			
Proyecto:	Estudio de Suelo y estabilizacion del material granular existente con emulsion asfaltica para diseño de pavimento flexible	Muestra # 2:	<b>Relleno</b>
Tesistas:	Danny Zavala - Cesar Zambrano	Coordenadas	Norte: 9793222
Ubicación:	Via Libertador Bolivar - Sitio Nuevo		Este: 533267

Ensayo de Contenido de Humedad	Material Serie	
	Gruesa	Fina
Resipiente N°	K	1
Masa de Recipiente + Muestra Humeda (P1)	2508,00	707,00
Masa de Recipiente + Muestra Seca (P2)	2284,00	627,00
Masa de Agua (P3 = P1 - P2)	224	80,00
Masa de Recipiente (P4)	189,00	74,44
Masa de Muestra Seca (P5= P2-P4)	2095	552,56
% de Humedad (W= P3 × 100 ÷ P5)	10,69	14,48

SERIE GRUESA				
Tamiz ASTM	Abertura / N°.	Masa Retenida		% Pasante acumulado
		Parcial	Acumulada	
600 mm.	24 "			
300 mm.	12 "			
150 mm.	6 "			
75 mm.	3 "	629	568,24	93,63
63 mm.	2 1/2"	0	568,2	93,63
50 mm.	2 "	620	1128,4	87,34
38,1 mm.	1 1/2"	0	1128,4	87,34
25 mm.	1 "	605	1674,9	81,21
19 mm.	3/4"	727	2331,7	73,84
12,5 mm.	1/2"	1167	3386,0	62,01
9,5 mm.	3/8"	764	4076,2	54,27
4,75 mm.	No.4	1818	5718,6	35,85
Pasa No. 4		3658	3195,371949	

SERIE FINA					
Tamiz ASTM	Abertura / N°.	Masa Retenida		% Pasante acumulado	% Pasante corregido
		Parcial	Acumulada		
2,36 mm.	No. 8				
2 mm.	No. 10	26,02	26,02	90,07	32,29
1,18 mm.	No. 16				
0,85 mm.	No. 20				
0,60 mm.	No. 30				
0,425 mm.	No. 40	48,48	74,5	71,57	25,66
0,3 mm.	No. 50				
0,15 mm.	No. 100				
0,075 mm.	No. 200	63,71	138,21	47,26	16,94
Pasa No. 200					
Masa inicial del material para lavado =			300 gr.		
Masa inicial del material para lavado =			262,1 gr.		
Masa Total del Material utilizado para el ensayo (gr)				8913,9	

**CURVA DE DISTRIBUCION GRANULOMETRICA**  
**TAMICES ASTM (Abertura en Milímetros)**



Distribucion del Tamaño de las Particulas Valores expresados en porcentajes		
Pedron Rodado (>12")		0,0
Canto Rodado (12"-3")		0,0
Grava (3"-N°4)	Gruesa (3"-3/4")	26,16
	Fina (3/4"-N°4)	38,0
Arena (N°4-N°200)	Gruesa (N°4-Media (N°10-N°40))	3,6
	Media (N°10-N°40)	6,6
	Fina (N°40-N°200)	8,7
Finos (>N°200)		16,94

Condiciones de Filtro	
D15 =	0,000
D30 =	1,457
D60 =	11,719
Cu =	
Cc =	
Cu ≥ 4	
1 > Cc > 3	

Laboratorista: Danny Zavala Guanoluisa Cesar Zambrano Vera	Revisado: Ing. Lucrecia Morena Responsable: Ing. Nelson Alvarez	Fecha de toma de muestra : 4 de Octubre del 2018	Fecha Ensayo: 25 de Octubre del 2018
--	--	---	---



**Universidad Estatal Península de Santa Elena**  
**Facultad de Ciencias de La Ingeniería**  
**Carrera de Ingeniería Civil**



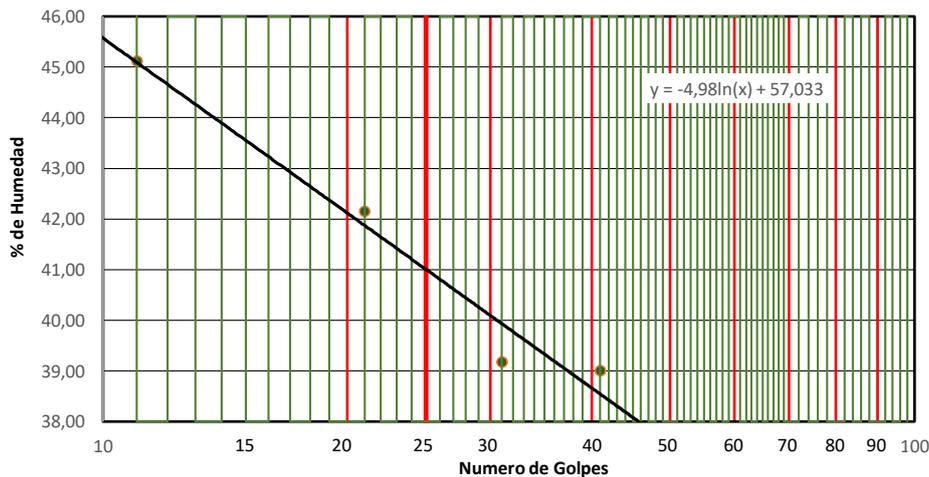
**DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS**

<b>Proyecto:</b>	Estudio de Suelo y estabilizacion del material granular existente con emulsion asfaltica para diseño de pavimento flexible	<b>Muestra # 2:</b>	<b>RELLENO</b>	
<b>Tesistas:</b>	Danny Zavala - Cesar Zambrano	<b>Coordenadas</b>	<b>Norte:</b>	9793222
<b>Ubicación:</b>	Vía Libertador Bolivar - Sitio Nuevo		<b>Este:</b>	533267

DATOS DEL ENSAYO							
RECIPIENTE #	G	L2	7	N4			
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA HUMEDA (P1)	26,06	26,66	25,16	22,93			
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA SECA (P2)	20,89	21,56	20,69	19,10			
MASA DE AGUA ( P3 = P1 -P2 )	5,17	5,10	4,47	3,83			
MASA DE RECIPIENTE (P4)	9,43	9,46	9,28	9,28			
MASA DE MUESTRA SECA ( P5 = P2- P4 )	11,46	12,10	11,41	9,82			
% DE HUMEDAD ( W = P3* 100 ÷ P5 )	45,11	42,15	39,18	39,00			
# DE GOLPES	11	21	31	41			

DATOS DEL ENSAYO				
RECIPIENTE #	1	P1	2	
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA HUMEDA (P1)	14,21	14,35	14,38	
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA SECA (P2)	13,18	13,28	13,32	
MASA DE AGUA ( P3 = P1 -P2 )	1,03	1,07	1,06	
MASA DE RECIPIENTE (P4)	9,20	9,24	9,32	
MASA DE MUESTRA SECA ( P5 = P2- P4 )	3,98	4,04	4,00	
% DE HUMEDAD ( W = P3* 100 ÷ P5 )	25,88	26,49	26,50	

SEGUN LA CARTA DE LA COMPOSICION MINERALOGICA EN LA PLASTICIDAD (DAY, 1999)



RESULTADOS	
LIMITE LIQUIDO =	<b>41,00</b>
LIMITE PLASTICO=	<b>26,29</b>
INDICE DE PLASTICIDAD=	<b>14,71</b>

CLASIFICACION SEGÚN CARTA DE PLASTICIDAD ASTM D-2487 SUCS  
**GC**

<b>Laboratorista:</b> Danny Zavala Guanoluisa Cesar Zambrano Vera	<b>Revisado:</b> Ing. Lucrecia Moreno <b>Responsable:</b> Ing. Nelson Alvarez	<b>Fecha de toma de muestra :</b> 4 de Octubre del 2018	<b>Fecha Ensayo:</b> 25 de Octubre del 2018
---	--	--	--



# Universidad Estatal Península de Santa Elena

Facultad de Ciencias de La Ingeniería

Carrera de Ingeniería Civil



## DETERMINACION DE LA RELACION HUMEDAD - DENSIDAD DE SUELOS

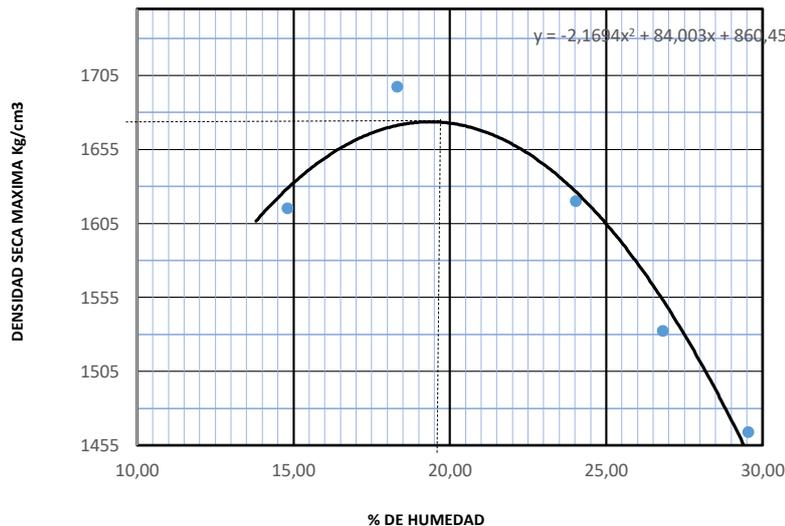
<b>Proyecto:</b>	Estudio de Suelo y estabilizacion del material granular existente con emulsion asfaltica para diseño de pavimento flexible	<b>Muestra # 2:</b>	<b>RELLENO</b>	
<b>Tesistas:</b>	Danny Zavala - Cesar Zambrano	<b>Coordenadas</b>	<b>Norte:</b>	9793222
<b>Ubicación:</b>	Libertador Bolivar - Sitio Nuevo		<b>Este:</b>	533267

PESO DEL CILINDRO (P7)	5364
VOLUMEN DEL CILINDRO (V)	2057,73
PESO DEL MARTILLO (Kg.)	4,54
ALTURA DE CAIDA DEL MARTILLO (cm.)	45,72
TIPO DE ENSAYO	Modificado
# DE CAPAS	5
# DE GOLPES POR CAPA	56

Modificado Metodo C;  
 Porcion que pasa en la malla No 3/4. Puede usarse si mas de 20% por peso del material es retenido en la malla de 9,5mm (3/4 pulg) y menos de 30% por peso es retenido en la malla de 19,00 mm (3/4 pulg).

### DATOS DEL ENSAYO

PUNTO #	1		2		3		4		5		6	
	Grueso	Fino										
Material de ensayo												
RECIPIENTE #	R		C		A4		D		O			
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA HUMEDA (P1)	83		87		105		115		126			
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA SECA (P2)	74		76		88		94		101			
MASA DE AGUA ( P3 = P1 - P2 )	8		11		17		21		25			
MASA DE RECIPIENTE (P4)	17		17		17		17		16			
MASA DE MUESTRA SECA ( P5 = P2- P4 )	57		59		72		77		86			
% DE HUMEDAD ( W = P3* 100 ÷ P5 )	15		18		24		27		30			
% DE HUMEDAD PROMEDIO	14,80		18,30		24,02		26,81		29,54			
% DE HUEMEDAD AÑADIDA AL SUELO	TN		150		300		500		800			
MASA DE CILINDRO + SUELO HUMEDO (P6)	9179		9496		9498		9362		9266			
MASA DE SUELO HUMEDO (P8=P6-P7)	3815		4132		4134		3998		3902			
DENSIDAD HUMEDA DEL SUELO (Dh= P8 ÷ v )	1854		2008		2009		1943		1896			
DENSIDAD SECA DEL SUELO (Ds = Dh ÷ ( 1 + w ÷100))	1615		1697		1620		1532		1464			



RESULTADOS
Ds densidad Seca Maxima 1674 Kg./m3
% de Humedad Optima 19,4 %

<b>Laboratorista:</b> Danny Zavala Guanoluisa Cesar Zambrano Vera	<b>Revisado:</b> Ing. Lucrecia Moreno <b>Responsable:</b> Ing. Nelson Alvarez	<b>Fecha de toma de muestra :</b> 4 de Octubre del 2018	<b>Fecha Ensayo:</b> 25 de Octubre del 2018
---	--	--	--



**Universidad Estatal Península de Santa Elena**  
**Facultad de Ciencias de La Ingeniería**  
**Carrera de Ingeniería Civil**



**C.B.R - DENSIDADES**

<b>Proyecto:</b>	Estudio de Suelo y estabilización del material granular existente con emulsion asfáltica para diseño de pavimento flexible	<b>Muestra # 2 :</b>	<b>RELLENO</b>	
<b>Tesistas:</b>	Danny Zavala - Cesar Zambrano	<b>Coordenadas</b>	<b>Norte:</b>	9793222
<b>Ubicación:</b>	Vía Libertador Bolívar - Sitio Nuevo		<b>Este:</b>	533267

MOLDE N°-	XIV	II	XVIII	
PESO MOLDE	6,917	5,943	6,559	PESO DEL MARTILLO 10Lb
VOLUMEN MOLDE	0,00234389	0,0023446	0,00233740	ALTURA DEL MOLDE 18 "
No DE GOLPES CAPA	12	25	56	

N° de ensayo		1	2	3			
<b>ANTES DE LA INMERSION</b>							
		12 Golpes de capa	25 Golpes de capa	56 Golpes de capa			
<b>HUMEDAD</b>	N° recipiente	W3	X3	W1			
	Wh + r	111	108	109			
	Ws + r	95	92	93			
	Ww	15,30	15,90	16,00			
	r	16,87	16,88	16,99			
	Ws	78,53	75,22	76,21			
	w (%)	19,48	21,14	20,99			
<b>MOLDE DE NUMERO</b>		XIV	II	XVIII			
Molde + suelo humedo	p	11,174	10,38	11,116			
Molde		6,917	5,943	6,559			
Suelo humedo	W	4,257	4,435	4,557			
Suelo seco= 100w/(100+W)	Ws	3,563	3,661	3,766			
Contenido de agua	w	19,48	21,14	20,99			
Densidad humeda	h	1816	1892	1950			
Densidad humeda	s	1520	1562	1611			
<b>DESPUES DE LA INMERSION</b>							
		ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO
<b>HUMEDAD</b>	N° recipiente	C2	T2	W3	R1	OB	Z2
	Wh + r	119,6	107,3	114,6	110,2	119,7	101,8
	Ws + r	93,7	87,5	90,1	89,5	95,4	81,5
	Ww	25,9	19,8	24,5	20,7	24,3	20,3
	r	17,02	17,12	16,87	16,77	17,18	16,48
	Ws	76,68	70,38	73,23	72,73	78,22	65,02
	w (%)	33,78	28,13	33,46	28,46	31,07	31,22
<b>Promedio w (%)</b>		30,95		30,96		31,14	
Molde + suelo humedo	p	11,43		10,56		11,238	
Molde		6,917		5,943		6,559	
Suelo humedo	W	4,51		4,615		4,679	
Suelo seco	Ws	3,445		3,524		3,568	
Contenido de agua	w	33,78		33,46		31,07	
Densidad humeda	h	1925		1968		2002	
Densidad seca	s	1470		1503		1526	
<b>HINCHAMIENTO</b>							
Lectura inicial		1,053		3,03		6,046	
24 horas		2,075		4,039		6,085	
48 horas		2,075		4,063		7,019	
72 horas		2,080		4,067		7,023	
96 horas							
<b>HINCHAMIENTO %</b>		22,6		22,8		21,5	

<b>CBR</b>	%			
Densidad seca	ys	1520	1562	1611

<b>Laboratorista:</b> Danny Zavala Guanoluisa Cesar Zambrano Vera	<b>Revisado:</b> Ing. Lucrecia Moreno <b>Responsable:</b> Ing. Nelson Alvarez	<b>Fecha toma de muestra :</b> 4 de Octubre del 2018	<b>Fecha Ensayo:</b> 25 de Octubre del 2018
---	--	---	--



**Universidad Estatal Península de Santa Elena**  
**Facultad de Ciencias de La Ingeniería**  
**Carrera de Ingeniería Civil**



**C.B.R - PENETRACION**

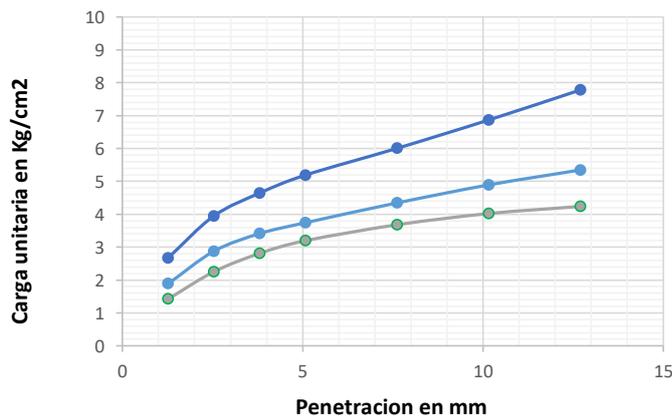
<b>Proyecto:</b>	Estudio de Suelo y estabilizacion del material granular existente con emulsion asfaltica para diseño de pavimento flexible	<b>Muestra # 2:</b>	<b>RELLENO</b>	
<b>Tesistas:</b>	Danny Zavala - Cesar Zambrano	<b>Coordenadas</b>	<b>Norte:</b>	9793222
<b>Ubicación:</b>	Via Libertador Bolivar - Sitio Nuevo		<b>Este:</b>	533267

<b>MOLDE Nº-</b>	XIV	XV	XVII		
<b>PESO MOLDE</b>	6,917	5,943	6,559	<b>PESO DEL MARTILLO:</b>	10 Lb
<b>VOLUMEN MOLDE</b>	0,00234389	0,0023446	0,0023374	<b>ALTURA DEL MARTILLO:</b>	18 "
<b>No DE GOLPES CAPA</b>	12	25	56		

<b>NUMERO DE ENSAYO</b>	1	2	3	1	2	3
-------------------------	---	---	---	---	---	---

Tamiz ASTM Abertura /Nº	<b>CARGA DE PENETRACION EN Lb</b>			<b>CARGA DE PENETRACION EN Kg</b>		
1,27 mm (0.05")	60,72	80,52	114,18	27,60	36,60	51,90
2,54 mm (0.10")	96,14	122,76	168,52	43,70	55,80	76,60
3,81 mm (0.15")	119,90	145,64	198,22	54,50	66,20	90,10
5,08 mm (0.20")	136,40	159,72	221,54	62,00	72,60	100,70
7,62 mm (0.30")	157,08	185,46	256,30	71,40	84,30	116,50
10,16 mm (0.40")	171,60	208,78	293,04	78,00	94,90	133,20
12,70 mm (0.50")	180,84	228,14	331,98	82,20	103,70	150,90

Tamiz ASTM Abertura /Nº	<b>CARGA DE PENETRACION EN Lb/pulg2</b>			<b>CARGA DE PENETRACION EN Kg/cm2</b>		
1,27 mm (0.05")	20,20	26,78	37,98	1,423	1,887	2,676
<b>2,54 mm (0.10")</b>	<b>31,98</b>	<b>40,83</b>	<b>56,06</b>	<b>2,253</b>	<b>2,877</b>	<b>3,949</b>
3,81 mm (0.15")	39,88	48,44	65,93	2,810	3,413	4,645
<b>5,08 mm (0.20")</b>	<b>45,37</b>	<b>53,13</b>	<b>73,69</b>	<b>3,197</b>	<b>3,743</b>	<b>5,192</b>
7,62 mm (0.30")	52,25	61,69	85,25	3,681	4,346	6,007
10,16 mm (0.40")	57,08	69,45	97,47	4,022	4,893	6,868
12,70 mm (0.50")	60,15	75,89	110,43	4,238	5,347	7,780



Nº de Golpes	Esfuerzo de penetracion	
	0.10 pulg	0.20 pulg
12	2,253	3,197
25	2,877	3,743
56	3,949	5,192

C.B.R	%	
12	3,20	3,02
25	4,08	3,54
56	5,61	4,91

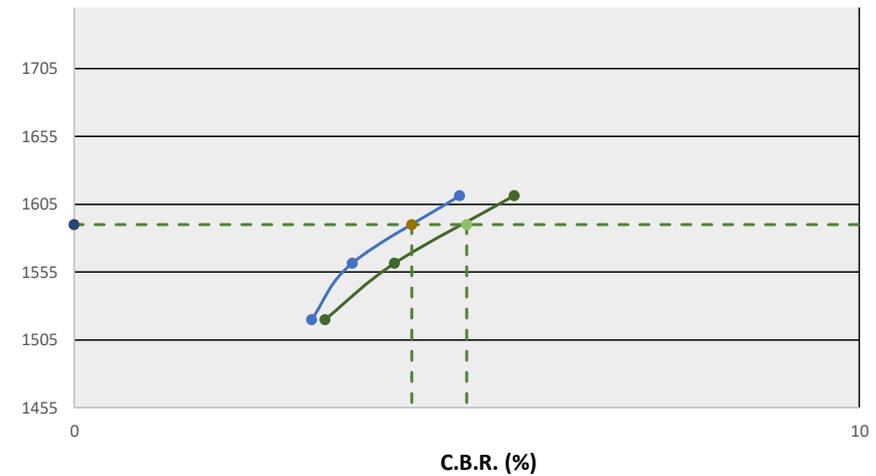
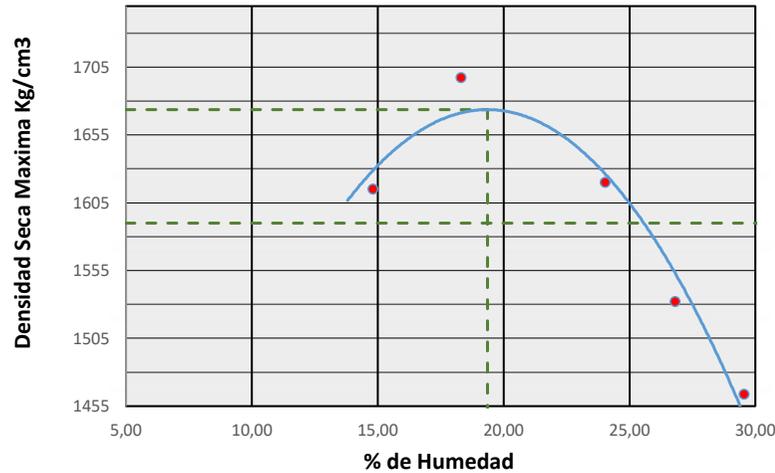
<b>Laboratorista:</b> Danny Zavala Guanoluisa Cesar Zambrano Vera	<b>Revisado:</b> Ing. Lucrecia Moreno <b>Responsable:</b> Ing. Nelson Alvarez	<b>Fecha de toma de muestra:</b> 4 de Octubre del 2018	<b>Fecha de ensayo:</b> 25 de Octubre del 2018
---	--	---	---



**Universidad Estatal Península de Santa Elena**  
**Facultad de Ciencias de La Ingeniería**  
**Carrera de Ingeniería Civil**



RELACION DE GRAFICO DE PROCTOR Y CBR			
<b>Proyecto:</b>	Estudio de Suelo y estabilizacion del material granular existente con emulsion asfaltica para diseño de pavimento flexible	<b>Muestra # 2:</b>	<b>RELLENO</b>
<b>Tesistas:</b>	Danny Zavala - Cesar Zambrano	<b>Coordenadas</b>	<b>Norte:</b> 9793222
<b>Ubicación:</b>	Via Libertador Bolivar - Sitio Nuevo		<b>Este:</b> 533267



**Densidad seca Max =** 1673,64 Kg/m3  
**Humedad optima =** 19,36 %  
**95 % Densidad seca Max =** 1590 Kg/m3

**CBR para 0,10" :** 4,30 %  
**CBR para 0,20" :** 5,00 %

Nº Golpes / capa	Densidad Kg/ m3	Carga Unitaria Kg/m2		Carga Unitaria Patron Kg/m2		C.B.R %		Expansión %
		0,10"	0,20"	0,10"	0,20"	0,10"	0,20"	
12	1520	2,253	3,197	70,45	105,68	3,20	3,02	22,6
25	1562	2,877	3,743	70,45	105,68	4,08	3,54	22,8
56	1611	3,949	5,192	70,45	105,68	5,61	4,91	21,5

<b>Laboratorista:</b> Danny Zavala Guanoluisa Cesar Zambrano Vera	<b>Revisado:</b> Ing. Lucrecia Moreno <b>Responsable:</b> Ing. Nelson Alvarez	<b>Fecha de toma de muestra:</b> 4 de Octubre del 2018	<b>Fecha Ensayo:</b> 25 de Octubre del 2018
---	--	---	--



**Universidad Estatal Península de Santa Elena**  
**Facultad de Ciencias de La Ingeniería**  
**Carrera de Ingeniería Civil**



<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>			
<b>Proyecto:</b>	Estudio de Suelo y estabilizacion del material granular existente con emulsion asfaltica para diseño de pavimento flexible	<b>Muestra # 3 :</b>	<b>TERRENO NATURAL</b>
<b>Tesistas:</b>	Danny Zavala - Cesar Zambrano	<b>Coordenadas</b>	<b>Norte:</b> 9793222
<b>Ubicación:</b>	Via Libertador Bolivar - Sitio Nuevo		<b>Este:</b> 533267

<b>RECIPIENTE #</b>	A
<b>MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA HUMEDA (P1)</b>	84,63
<b>MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA SECA (P2)</b>	78,24
<b>MASA DE RECIPIENTE (P4)</b>	16,77
<b>% DE HUMEDAD</b>	10,40

<b>Laboratorista:</b> Danny zavala Guanoluisa Cesar Zambrano Vera	<b>Revisado:</b> Ing. Lucrecia Moreno <b>Responsable:</b> Ing. Nelson Alvarez	<b>Fecha de toma de muestra:</b> 4 de Octubre del 2018	<b>Fecha ensayo:</b> 5 de Octubre del 2018
---	--	---	---



**Universidad Estatal Península de Santa Elena**  
**Facultad de Ciencias de La Ingeniería**  
**Carrera de Ingeniería Civil**



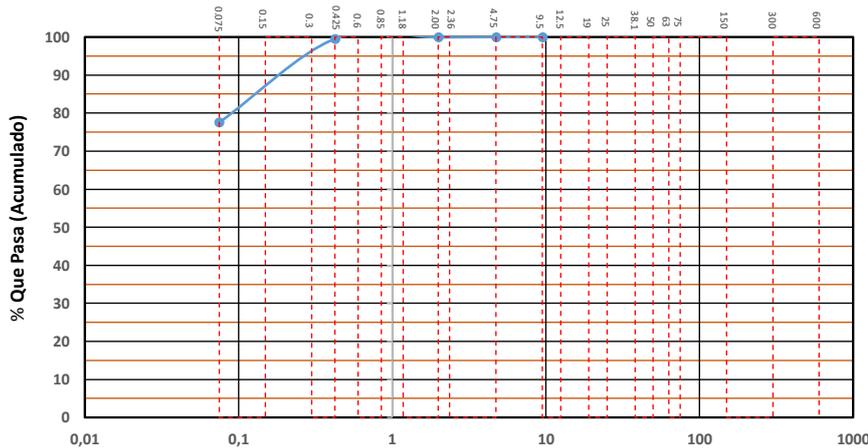
DETERMINACION DE LA DISTRIBUCION GRANULOMETRICA DE SUELOS Y AGREGADOS GRUESOS Y FINOS			
<b>Proyecto:</b>	Estudio de Suelo y estabilizacion del material granular existente con emulsion asfaltica para diseño de pavimento flexible	<b>Muestra # 3:</b>	<b>TERRENO NATURAL</b>
<b>Tesistas:</b>	Danny Zavala - Cesar Zambrano	<b>Coordenadas</b>	<b>Norte:</b> 9793222
<b>Ubicación:</b>	Via Libertador Bolivar - Sitio Nuevo		<b>Este:</b> 533267

Ensayo de Contenido de Humedad	Material Serie	
	Gruesa	Fina
Resipiente N°		A
Masa de Recipiente + Muestra Humeda (P1)		84,63
Masa de Recipiente + Muestra Seca (P2)		78,24
Masa de Agua (P3 = P1 -P2)		6,39
Masa de Recipiente (P4)		16,77
Masa de Muestra Seca (P5= P2-P4)		61,47
% de Humedad (W= P3 × 100 ÷ P5)		10,40

SERIE GRUESA				
Tamiz ASTM	Abertura / N°.	Masa Retenida		% Pasante acumulado
		Parcial	Acumulada	
600 mm.	24 "			
300 mm.	12 "			
150 mm.	6 "			
75 mm.	3 "	0	0	100,00
63 mm.	2 1/2"	0	0,0	100,00
50 mm.	2 "	0	0,0	100,00
38,1 mm.	1 1/2"	0	0,0	100,00
25 mm.	1 "	0	0,0	100,00
19 mm.	3/4"	0	0,0	100,00
12,5 mm.	1/2"	0	0,0	100,00
9,5 mm.	3/8"	0	0,0	100,00
4,75 mm.	No.4	0	0,0	100,00
Pasa No. 4			68 gr.	

SERIE FINA					
Tamiz ASTM	Abertura / N°.	Masa Retenida		% Pasante acumulado	% Pasante corregido
		Parcial	Acumulada		
2,36 mm.	No. 8				
2 mm.	No. 10	0,06	0,06	99,90	99,90
1,18 mm.	No. 16				
0,85 mm.	No. 20				
0,60 mm.	No. 30				
0,425 mm.	No. 40	0,23	0,29	99,53	99,53
0,3 mm.	No. 50				
0,15 mm.	No. 100				
0,075 mm.	No. 200	13,52	13,81	77,53	77,53
Pasa No. 200					
Masa inicial del material para lavado =			68 gr.		
Masa inicial del material para lavado =			61,5 gr.		
Masa Total del Material utilizado para el ensayo (gr)					67,9

**CURVA DE DISTRIBUCION GRANULOMETRICA**  
**TAMICES ASTM (Abertura en Milímetros)**



Distribucion del Tamaño de las Partículas Valores expresados en porcentajes			
Pedron Rodado (>12")			0,0
Canto Rodado (12"-3")			0,0
Grava (3"-N°4)	Gruesa (3"-3/4")	0,00	0,0
	Fina (3/4"-N°4)	0,0	
Arena (N°4-N°200)	Gruesa (N°4-N°10)	0,1	22,5
	Media (N°10-N°40)	0,4	
	Fina (N°40-N°200)	22,0	
Finos (>N°200)			77,53

Condiciones de Filtro	
D15 =	Cu =
D30 =	
D60 =	Cc =
Cu ≥ 4	
1 > Cc > 3	

Laboratorista: Danny Zavala Guanoluiza Cesar Zambrano Vera	Revisado: Ing. Lucrecia Morena Responsable: Ing. Nelson Alvarez	Fecha de toma de muestra : 4 de Octubre del 2018	Fecha Ensayo: 25 de Octubre del 2018
--	--	---	---



**Universidad Estatal Península de Santa Elena**  
**Facultad de Ciencias de La Ingeniería**  
**Carrera de Ingeniería Civil**



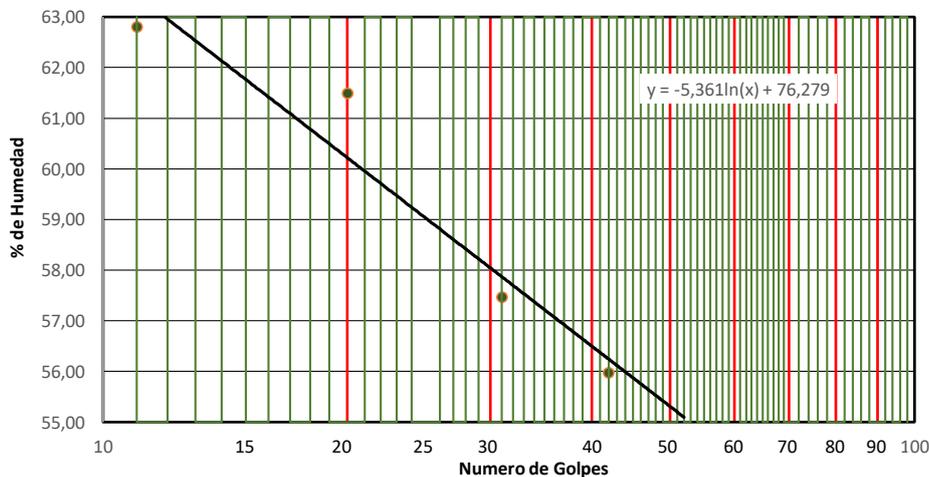
**DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS**

<b>Proyecto:</b>	Estudio de Suelo y estabilizacion del material granular existente con emulsion asfaltica para diseño de pavimento flexible	<b>Muestra # 3:</b>	<b>TERRENO NATURAL</b>	
<b>Tesistas:</b>	Danny Zavala - Cesar Zambrano	<b>Coordenadas</b>	<b>Norte:</b>	9793222
<b>Ubicación:</b>	Via Libertador Bolivar - Sitio Nuevo		<b>Este:</b>	533267

DATOS DEL ENSAYO							
RECIENTE #	P	4	W4	P5			
MASA DE RECIENTE + MUESTRA HUMEDA (P1)	22,74	20,68	21,47	21,63			
MASA DE RECIENTE + MUESTRA SECA (P2)	17,64	16,32	16,97	17,09			
MASA DE AGUA ( P3 = P1 -P2 )	5,10	4,36	4,50	4,54			
MASA DE RECIENTE (P4)	9,52	9,23	9,14	8,98			
MASA DE MUESTRA SECA ( P5 = P2- P4 )	8,12	7,09	7,83	8,11			
% DE HUMEDAD ( W = P3* 100 ÷ P5 )	62,81	61,50	57,47	55,98			
# DE GOLPES	11	20	31	42			

DATOS DEL ENSAYO				
RECIENTE #	L	11	P8	
MASA DE RECIENTE + MUESTRA HUMEDA (P1)	13,70	13,15	13,10	
MASA DE RECIENTE + MUESTRA SECA (P2)	12,85	12,42	12,24	
MASA DE AGUA ( P3 = P1 -P2 )	0,85	0,73	0,86	
MASA DE RECIENTE (P4)	9,31	9,25	9,07	
MASA DE MUESTRA SECA ( P5 = P2- P4 )	3,54	3,17	3,17	
% DE HUMEDAD ( W = P3* 100 ÷ P5 )	24,01	23,03	27,13	

SEGUN LA CARTA DE LA COMPOSICION MINERALOGICA EN LA PLASTICIDAD (DAY, 1999)



RESULTADOS	
LIMITE LIQUIDO =	<b>59,02</b>
LIMITE PLASTICO=	<b>24,72</b>
INDICE DE PLASTICIDAD=	<b>34,30</b>

CLASIFICACION SEGÚN CARTA DE PLASTICIDAD ASTM D-2487 SUCS

<b>Laboratorista:</b> Danny Zavala Guanoluisa Cesar Zambrano Vera	<b>Revisado:</b> Ing. Lucrecia Moreno <b>Responsable:</b> Ing. Nelson Alvarez	<b>Fecha de toma de muestra :</b> 4 de Octubre del 2018	<b>Fecha Ensayo:</b> 25 de Octubre del 2018
---	--	--	--



**Universidad Estatal Península de Santa Elena**  
**Facultad de Ciencias de La Ingeniería**  
**Carrera de Ingeniería Civil**



**C.B.R - DENSIDADES**

<b>Proyecto:</b>	Estudio de Suelo y estabilización del material granular existente con emulsión asfáltica para diseño de pavimento flexible	<b>Muestra # 3 :</b>	<b>TERRENO NATURAL</b>	
<b>Tesistas:</b>	Danny Zavala - Cesar Zambrano	<b>Coordenadas</b>	<b>Norte:</b>	9793222
<b>Ubicación:</b>	Via Libertador Bolívar - Sitio Nuevo		<b>Este:</b>	533267

MOLDE Nº-	XIX				
PESO MOLDE	6,009			PESO DEL MARTILLO	10Lb
VOLUMEN MOLDE	0,00233061			ALTURA DEL MOLDE	18 "
No DE GOLPES CAPA	TN				

Nº de ensayo	1	2	3
--------------	---	---	---

**ANTES DE LA INMERSION**

		TN		
<b>HUMEDAD</b>	Nº recipiente	CI		
	Wh + r	105		
	Ws + r	88		
	Ww	16,80		
	r	17,01		
	Ws	70,97		
	w (%)	23,67		
<b>MOLDE DE NUMERO</b>		XIX		
Molde + suelo humedo	p	10,308		
Molde		6,009		
Suelo humedo	W	4,299		
Suelo seco= 100w/(100+W)	Ws	3,476		
Contenido de agua	w	23,67		
Densidad humeda	h	1845		
Densidad humeda	s	1492		

**DESPUES DE LA INMERSION**

		ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO
<b>HUMEDAD</b>	Nº recipiente	Q	K				
	Wh + r	97,14	100,75				
	Ws + r	76,86	83,72				
	Ww	20,28	17,03				
	r	17,05	17,14				
	Ws	59,81	66,58				
	w (%)	33,91	25,58				
<b>Promedio w (%)</b>		29,74					
Molde + suelo humedo	p	10,543					
Molde		6,009					
Suelo humedo	W	4,53					
Suelo seco	Ws	3,495					
Contenido de agua	w	33,91					
Densidad humeda	h	1945					
Densidad seca	s	1499					

**HINCHAMIENTO**

Lectura inicial		0,031		
24 horas		1,033		
48 horas		2,012		
72 horas		2,055		
96 horas				
<b>HINCHAMIENTO %</b>		44,5		

CBR	%		
Densidad seca	ys	1492	

<b>Laboratorista:</b> Danny Zavala Guanoluisa Cesar Zambrano Vera	<b>Revisado:</b> Ing. Lucrecia Moreno <b>Responsable:</b> Ing. Nelson Alvarez	<b>Fecha toma de muestra :</b> 4 de Octubre del 2018	<b>Fecha Ensayo:</b> 25 de Octubre del 2018
---	--	---	--



**Universidad Estatal Península de Santa Elena**  
 Facultad de Ciencias de La Ingeniería  
 Carrera de Ingeniería Civil



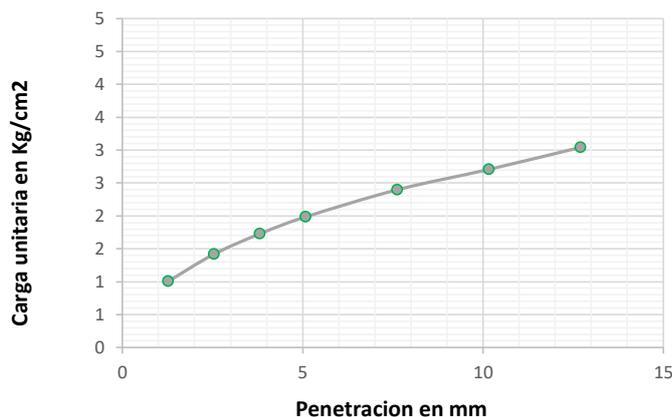
<b>C.B.R - PENETRACION</b>			
<b>Proyecto:</b>	Estudio de Suelo y estabilizacion del material granular existente con emulsion asfaltica para diseño de pavimento flexible	<b>Muestra # 3:</b>	<b>TERRENO NATURAL</b>
<b>Tesistas:</b>	Danny Zavala - Cesar Zambrano	<b>Coordenadas</b>	<b>Norte:</b> 9793222
<b>Ubicación:</b>	Via Libertador Bolivar - Sitio Nuevo		<b>Este:</b> 533267

<b>MOLDE Nº-</b>	XIV				
<b>PESO MOLDE</b>	6,009			<b>PESO DEL MARTILLO:</b>	10 Lb
<b>VOLUMEN MOLDE</b>	0,00233061			<b>ALTURA DEL MARTILLO:</b>	18 "
<b>No DE GOLPES CAPA</b>	TN				

NUMERO DE ENSAYO	1	2	3	1	2	3
------------------	---	---	---	---	---	---

Tamiz ASTM Abertura /Nº	<b>CARGA DE PENETRACION EN Lb</b>			<b>CARGA DE PENETRACION EN Kg</b>		
1,27 mm (0.05")	42,90			19,5		
2,54 mm (0.10")	60,50			27,5		
3,81 mm (0.15")	73,70			33,5		
5,08 mm (0.20")	84,70			38,5		
7,62 mm (0.30")	102,30			46,5		
10,16 mm (0.40")	115,50			52,5		
12,70 mm (0.50")	129,80			59,0		

Tamiz ASTM Abertura /Nº	<b>CARGA DE PENETRACION EN Lb/pulg<sup>2</sup></b>			<b>CARGA DE PENETRACION EN Kg/cm<sup>2</sup></b>		
1,27 mm (0.05")	14,27			1,005		
<b>2,54 mm (0.10")</b>	<b>20,12</b>			<b>1,418</b>		
3,81 mm (0.15")	24,52			1,727		
<b>5,08 mm (0.20")</b>	<b>28,17</b>			<b>1,985</b>		
7,62 mm (0.30")	34,03			2,397		
10,16 mm (0.40")	38,42			2,707		
12,70 mm (0.50")	43,18			3,042		



Nº de Golpes	Esfuerzo de penetracion	
	0.10 pulg	0.20 pulg
TN	1,42	1,98

C.B.R	%	
TN	2,01	1,88

<b>Laboratorista:</b> Danny Zavala Guanoluisa Cesar Zambrano Vera	<b>Revisado:</b> Ing. Lucrecia Moreno <b>Responsable:</b> Ing. Nelson Alvarez	<b>Fecha de toma de muestra:</b> 4 de Octubre del 2018	<b>Fecha de ensayo:</b> 25 de Octubre del 2018
---	--	---	---



## RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO



<b>PROYECTO:</b>		Estudio de Suelo y estabilización del material granular existente con emulsion asfáltica para diseño de pavimento flexible								
<b>CALICATA #</b>	5	<b>Tesistas:</b>	Danny Erwin Zavala Guanoluisa		<b>Fecha inicio de ensayos :</b>	5 de Octubre del 2018		<b>Coordenadas</b>	Norte:	9793280
<b>Ubicación:</b>	Via Libertador Bolívar - Sitio Nuevo		Cesar Antonio Zambrano Vera		<b>Fecha de fin de ensayos:</b>	30 de octubre del 2018			Este:	534452

DESCRIPCION	ESTRATIGRAFIA	MUESTRA		CLASIFICACION		W	LL	LP	IP	PROCTOR		GRANULOMETRIA				PROPIEDADES INDICE			AASTHO	CORRELACION	
		#	Prof.	SUCS	AASTHO	%	%	%	%	ys	w opt	No.4	No.10	No.40	No.200	CBR	I.L	C.R	C.c	$\frac{Wl}{IP} \geq 2.5$	(Su/σ'vo)NC
										Kg/m3						%					
GRAVAS CON MEZCLA DE ARENA Y ARCILLA DE COLOR GRIS		1	0,20	GM-GC	A-2-6	12,89	28,72	21,92	6,79	1853,27	13,68	34,94	29,04	21,40	12,30	22,12	-1,3297	2,3297	0,1684	4,2265	0,14
GRAVAS CON MEZCLA DE ARENA Y ARCILLAS DE COLOR GRIS		2	0,20	GC	A-2-7	17,21	43,77	28,02	15,75	1660,01	21,98	43,90	35,30	27,24	18,76	10,04	-0,6866	1,6866	0,3039	2,7795	0,17
ARCILLA DE ALTA PLASTICIDAD DE COLOR MARRON		3	1,10	CH	A-7-6	8,88	53,21	25,41	27,80	-	-	99,55	96,99	94,64	81,62	2,76	-0,5948	1,5948	0,3889	1,9143	0,21

$IL = \frac{(W - Wp)}{IP}$ <p>En los suelos plasticos el indice de liquidez es indicativo de la historia de los esfuerzos a la que ha estado sometido el suelo en donde:</p> <p>IL=0, el suelo estara consolidado (OC)          0,7 &lt; IL &lt; 1, el suelo estara normalmente consolidado (NC)          IL &gt;1, el suelo es sensitivo</p> <p>Correlacion:  <math>(Su/\sigma'vo)NC = 0,11 + 0,0037 * IP(\%)</math></p> <p>Suelos normalmente consolidados, OCR = 1</p>	<div style="text-align: center;"> </div> <p>Decrecimiento del contenido de agua          Incremento del OCR, Ko          Incremento de resistencia, modulos de deformacion          Decrecimiento de la compresibilidad          Decrecimiento LI (Indice de liquidez)</p> <p>NC= Normalmente consolidada          LOC= Ligeramente sobreconsolidado          HOC= Altamente sobreconsolidado          OCR= Relacion de sobreconsolidado = <math>\frac{\sigma'v}{\sigma'vo}</math>  <math>\sigma'p</math>= Maxim o  <math>\sigma'vo</math>= Esfuerzo vertical efectivo de campo  <math>\sigma'ho</math>= Esfuerzo horizontal efectivo de campo          Ko= Coeficiente de presion de tierra en reposo = <math>\frac{\sigma'ho}{\sigma'vo}</math></p> <p style="text-align: center;"><b>Variacion cualitativa de los parametros que definen el comportamiento mecanico de los suelos finos ante posibles cambios de sus estados de consistencia, EPRL</b></p>	<p><b>Terzaghi &amp; Peck, 1967</b></p> <p style="text-align: center;"><math>Cc = 0,009 \times (LL - 10)</math></p> <p>La compresibilidad de los suelos puede expresarse:</p> <p>Baja: Cc de 0,00 a 0,19          Media: Cc de 0,20 a 0,39          Alta: Cc de 0,40 a mas</p> <p><b>Consistencia Relativa (C.R)</b></p> <p>C.R entre 0,00 a 0,25 Suelo muy Suave          C.R entre 0,25 a 0,50 Suelo Suave          C.R entre 0,50 a 0,75 Consistencia Media          C.R entre 0,75 a 1,00 Consistencia Rigida          LL&gt;50% Se puede decir que la arcilla es expansiva          o          (LL/LP)&lt;2.5 Tipo de suelo:          CH A-7-6 SUCS AASTHO</p>
---	---	---



Universidad Estatal Península de Santa Elena  
Facultad de Ciencias de La Ingeniería  
Carrera de Ingeniería Civil



DETERMINACION DE LA ABRASION DE LOS ANGELES			
<b>Proyecto:</b>	Estudio de Suelo y estabilizacion del material granular existente con emulsion asfaltica para diseño de pavimento flexible	<b>Muestra # 1 :</b>	<b>RELLENO</b>
<b>Tesistas:</b>	Danny zavala - Cesar Zambrano	Coordenadas	NORTE: 9793280
<b>Ubicación:</b>	Libertador Bolivar - Sitio Nuevo		ESTE: 534452

<b>FORMULA</b>	$\% \text{ DE PERDIDA} = \frac{PI - Pt}{PI}$	PI= Peso antes del ensayo Pt= Peso despues de tamizar por N°12
----------------	--	---

**Metodo :** 1

12 N° de Esferas, 1000 N° de revoluciones, 30 minutos de tiempo de rotacion

TAMIZ		PESO ANTES DEL ENSAYO	PESO DESPUES POR TAMIZ No 12 (gr)	% DE PERDIDA
PASA	RETIENE			
1 1/2"	1"	5000 ±25		
1"	3/4"	5000 ±25		
		10000	7868	21,3%

**% perdida = 21,3%**

Observaciones :

<b>Laboratorista:</b> Danny zavala Guanoluisa Cesar Zambrano Vera	<b>Revisado:</b> Ing. Lucrecia Moreno <b>Responsable:</b> Ing. Nelson Alvarez	<b>Fecha de toma de muestra:</b> 4 de Octubre del 2018	<b>Fecha de ensayo:</b> 5 de Octubre del 2018
---	--	---	--



Universidad Estatal Península de Santa Elena  
Facultad de Ciencias de La Ingeniería  
Carrera de Ingeniería Civil



CONTENIDO DE HUMEDAD			
<b>Proyecto:</b>	Estudio de Suelo y estabilizacion del material granular existente con emulsion asfaltica para diseño de pavimento flexible	<b>Muestra # 1 :</b>	<b>RELLENO</b>
<b>Tesistas:</b>	Danny Zavala - Cesar Zambrano	<b>Coordenadas</b>	<b>Norte:</b> 9793280
<b>Ubicación:</b>	Vía Libertador Bolivar - Sitio Nuevo		<b>Este:</b> 534452

<b>RECIPIENTE #</b>	4	
<b>MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA HUMEDA (P1)</b>	668,00	
<b>MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA SECA (P2)</b>	597,00	
<b>MASA DE RECIPIENTE (P4)</b>	46,06	
<b>% DE HUMEDAD</b>		12,89

<b>Laboratorista:</b> Danny zavala Guanoluisa Cesar Zambrano Vera	<b>Revisado:</b> Ing. Lucrecia Moreno <b>Responsable:</b> Ing. Nelson Alvarez	<b>Fecha de toma de muestra:</b> 4 de Octubre del 2018	<b>Fecha ensayo:</b> 5 de Octubre del 2018
---	--	---	---



**Universidad Estatal Península de Santa Elena**  
**Facultad de Ciencias de La Ingeniería**  
**Carrera de Ingeniería Civil**



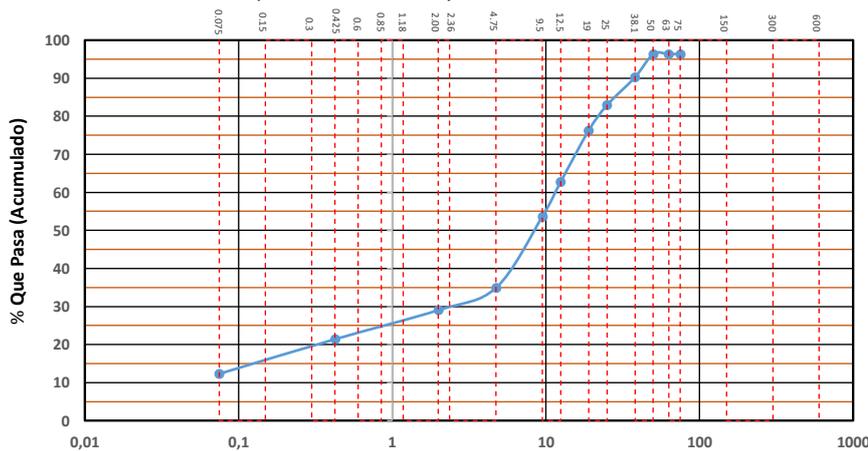
DETERMINACION DE LA DISTRIBUCION GRANULOMETRICA DE SUELOS Y AGREGADOS GRUESOS Y FINOS			
Proyecto:	Estudio de Suelo y estabilizacion del material granular existente con emulsion asfaltica para diseño de pavimento flexible	Muestra # 1:	<b>Relleno</b>
Tesistas:	Danny Zavala - Cesar Zambrano	Coordenadas	Norte: 9793280
Ubicación:	Via Libertador Bolivar - Sitio Nuevo		Este: 534452

Ensayo de Contenido de Humedad	Material Serie	
	Gruesa	Fina
Resipiente N°	C	22
Masa de Recipiente + Muestra Humeda (P1)	1989,00	690,00
Masa de Recipiente + Muestra Seca (P2)	1857,00	648,00
Masa de Agua (P3 = P1 - P2)	132	42,00
Masa de Recipiente (P4)	144,00	78,00
Masa de Muestra Seca (P5= P2-P4)	1713	570
% de Humedad (W= P3 × 100 ÷ P5)	7,71	7,37

SERIE GRUESA				
Tamiz ASTM	Abertura / N°.	Masa Retenida		% Pasante acumulado
		Parcial	Acumulada	
600 mm.	24 "			
300 mm.	12 "			
150 mm.	6 "			
75 mm.	3 "	354	328,6731707	96,35
63 mm.	2 1/2"	0	328,7	96,35
50 mm.	2 "	0	328,7	96,35
38,1 mm.	1 1/2"	589,5	876,0	90,28
25 mm.	1 "	716	1540,8	82,91
19 mm.	3/4"	649	2143,3	76,22
12,5 mm.	1/2"	1306	3355,9	62,77
9,5 mm.	3/8"	883	4175,7	53,68
4,75 mm.	No.4	1819,5	5865,1	34,94
Pasa No. 4		3382	3149,901961	

SERIE FINA					
Tamiz ASTM	Abertura / N°.	Masa Retenida		% Pasante acumulado	% Pasante corregido
		Parcial	Acumulada		
2,36 mm.	No. 8				
2 mm.	No. 10	47,17	47,17	83,12	29,04
1,18 mm.	No. 16				
0,85 mm.	No. 20				
0,60 mm.	No. 30				
0,425 mm.	No. 40	61,14	108,31	61,24	21,40
0,3 mm.	No. 50				
0,15 mm.	No. 100				
0,075 mm.	No. 200	72,705	181,015	35,22	12,30
Pasa No. 200					
Masa inicial del material para lavado =			300 gr.		
Masa inicial del material para lavado =			279,4 gr.		
Masa Total del Material utilizado para el ensayo (gr)				9015,0	

**CURVA DE DISTRIBUCION GRANULOMETRICA**  
**TAMICES ASTM (Abertura en Milímetros)**



Distribucion del Tamaño de las Particulas Valores expresados en porcentajes		
Pedron Rodado (>12")		0,0
Canto Rodado (12"-3")		0,0
Grava (3"-N°4)	Gruesa (3"-3/4")	23,78
	Fina (3/4"-N°4)	41,3
Arena (N°4-N°200)	Gruesa (N°4-Media (N°10-N°40))	5,9
	Media (N°10-N°40)	7,6
	Fina (N°40-N°200)	9,1
Finos (>N°200)		12,30

Condiciones de Filtro			
D15 =	0,179	Cu=	64,81
D30=	2,447		
D60=	11,585	Cc=	2,89
		Cu>=4	SI CUMPLE
		1>Cc>3	SI CUMPLE

Laboratorista: Danny Zavala Guanoluisa Cesar Zambrano Vera	Revisado: Ing. Lucrecia Morena Responsable: Ing. Nelson Alvarez	Fecha de toma de muestra : 4 de Octubre del 2018	Fecha Ensayo: 25 de Octubre del 2018
--	--	---	---



**Universidad Estatal Península de Santa Elena**  
**Facultad de Ciencias de La Ingeniería**  
**Carrera de Ingeniería Civil**



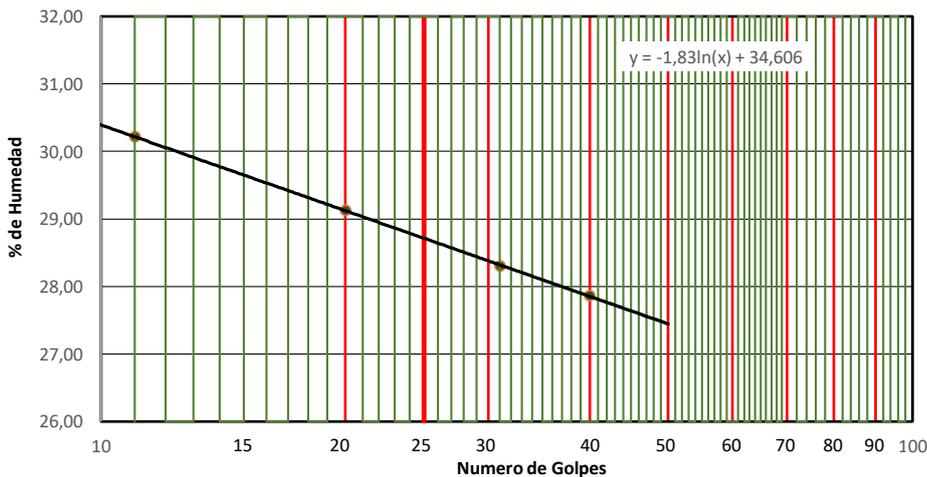
**DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS**

<b>Proyecto:</b>	Estudio de Suelo y estabilizacion del material granular existente con emulsion asfaltica para diseño de pavimento flexible	<b>Muestra # 1:</b>	<b>RELLENO</b>	
<b>Tesistas:</b>	Danny Zavala - Cesar Zambrano	<b>Coordenadas</b>	<b>Norte:</b>	9793280
<b>Ubicación:</b>	Vía Libertador Bolivar - Sitio Nuevo		<b>Este:</b>	534452

DATOS DEL ENSAYO					
RECIPIENTE #	3	N3	R	J1	
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA HUMEDA (P1)	26,30	24,56	24,38	25,66	
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA SECA (P2)	22,34	21,11	21,10	22,06	
MASA DE AGUA ( P3 = P1 -P2 )	3,96	3,45	3,28	3,60	
MASA DE RECIPIENTE (P4)	9,22	9,26	9,50	9,13	
MASA DE MUESTRA SECA ( P5 = P2- P4 )	13,12	11,85	11,60	12,93	
% DE HUMEDAD ( W = P3* 100 ÷ P5 )	30,22	29,13	28,31	27,86	
# DE GOLPES	11	20	31	40	

DATOS DEL ENSAYO			
RECIPIENTE #	15	M1	V6
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA HUMEDA (P1)	14,56	14,65	14,62
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA SECA (P2)	13,60	13,64	13,69
MASA DE AGUA ( P3 = P1 -P2 )	0,96	1,01	0,93
MASA DE RECIPIENTE (P4)	9,14	9,33	9,22
MASA DE MUESTRA SECA ( P5 = P2- P4 )	4,46	4,31	4,47
% DE HUMEDAD ( W = P3* 100 ÷ P5 )	21,52	23,43	20,81

SEGUN LA CARTA DE LA COMPOSICION MINERALOGICA EN LA PLASTICIDAD (DAY, 1999)



RESULTADOS	
LIMITE LIQUIDO =	<b>28,72</b>
LIMITE PLASTICO=	<b>21,92</b>
INDICE DE PLASTICIDAD=	<b>6,79</b>

CLASIFICACION SEGÚN CARTA DE PLASTICIDAD ASTM D-2487 SUCS  
**GM-GC**

<b>Laboratorista:</b> Danny Zavala Guanoluisa Cesar Zambrano Vera	<b>Revisado:</b> Ing. Lucrecia Moreno <b>Responsable:</b> Ing. Nelson Alvarez	<b>Fecha de toma de muestra :</b> 4 de Octubre del 2018	<b>Fecha Ensayo:</b> 25 de Octubre del 2018
---	--	--	--



# Universidad Estatal Península de Santa Elena

Facultad de Ciencias de La Ingeniería

Carrera de Ingeniería Civil



## DETERMINACION DE LA RELACION HUMEDAD - DENSIDAD DE SUELOS

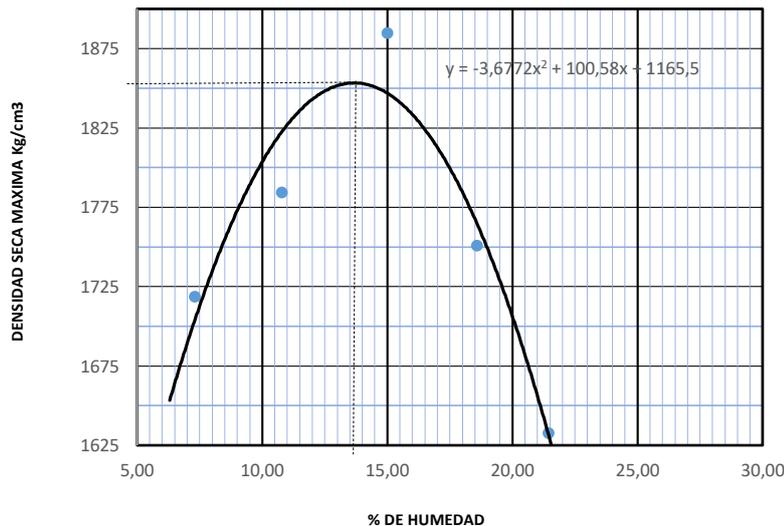
<b>Proyecto:</b>	Estudio de Suelo y estabilizacion del material granular existente con emulsion asfaltica para diseño de pavimento flexible	<b>Muestra # 1:</b>	<b>RELLENO</b>	
<b>Tesistas:</b>	Danny Zavala - Cesar Zambrano	<b>Coordenadas</b>	<b>Norte:</b>	9793280
<b>Ubicación:</b>	Libertador Bolivar - Sitio Nuevo		<b>Este:</b>	534452

PESO DEL CILINDRO (P7)	5364
VOLUMEN DEL CILINDRO (V)	2057,73
PESO DEL MARTILLO (Kg.)	4,54
ALTURA DE CAIDA DEL MARTILLO (cm.)	45,72
TIPO DE ENSAYO	Modificado
# DE CAPAS	5
# DE GOLPES POR CAPA	56

Modificado Metodo C;  
 Porcion que pasa en la malla No 3/4. Puede usarse si mas de 20% por peso del material es retenido en la malla de 9,5mm (3/4 pulg) y menos de 30% por peso es retenido en la malla de 19,00 mm (3/4 pulg).

### DATOS DEL ENSAYO

PUNTO #	1		2		3		4		5		6	
	Grueso	Fino										
<b>Material de ensayo</b>												
<b>RECIPIENTE #</b>	R		M2		HD		L		R			
<b>MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA HUMEDA (P1)</b>	95		90		100		133		142			
<b>MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA SECA (P2)</b>	90		83		89		115		120			
<b>MASA DE AGUA ( P3 = P1 - P2 )</b>	5		7		11		18		22			
<b>MASA DE RECIPIENTE (P4)</b>	17		17		17		17		16			
<b>MASA DE MUESTRA SECA ( P5 = P2- P4 )</b>	73		66		73		97		103			
<b>% DE HUMEDAD ( W = P3* 100 ÷ P5 )</b>	7		11		15		19		21			
<b>% DE HUMEDAD PROMEDIO</b>	7,30		10,78		15,00		18,58		21,43			
<b>% DE HUEMEDAD AÑADIDA AL SUELO</b>	TN		150		300		500		800			
<b>MASA DE CILINDRO + SUELO HUMEDO (P6)</b>	9158		9431		9824		9636		9443			
<b>MASA DE SUELO HUMEDO (P8=P6-P7)</b>	3794		4067		4460		4272		4079			
<b>DENSIDAD HUMEDA DEL SUELO (Dh= P8 ÷ v )</b>	1844		1976		2167		2076		1982			
<b>DENSIDAD SECA DEL SUELO (Ds = Dh ÷ ( 1 + w ÷100) )</b>	1718		1784		1885		1751		1632			



RESULTADOS
Ds densidad Seca Maxima 1853 Kg./m3
% de Humedad Optima 13,7 %

<b>Laboratorista:</b> Danny Zavala Guanoluisa Cesar Zambrano Vera	<b>Revisado:</b> Ing. Lucrecia Moreno <b>Responsable:</b> Ing. Nelson Alvarez	<b>Fecha de toma de muestra :</b> 4 de Octubre del 2018	<b>Fecha Ensayo:</b> 25 de Octubre del 2018
---	--	--	--



**Universidad Estatal Península de Santa Elena**  
**Facultad de Ciencias de La Ingeniería**  
**Carrera de Ingeniería Civil**



**C.B.R - DENSIDADES**

<b>Proyecto:</b>	Estudio de Suelo y estabilización del material granular existente con emulsion asfáltica para diseño de pavimento flexible	<b>Muestra # 1 :</b>	<b>RELLENO</b>	
<b>Tesistas:</b>	Danny Zavala - Cesar Zambrano	<b>Coordenadas</b>	<b>Norte:</b>	9793280
<b>Ubicación:</b>	Vía Libertador Bolívar - Sitio Nuevo		<b>Este:</b>	534452

MOLDE Nº-	XX	XVI	XIV		
PESO MOLDE	6,065	6,774	5,946	PESO DEL MARTILLO	10Lb
VOLUMEN MOLDE	0,00234334	0,00234208	0,00234879	ALTURA DEL MOLDE	18 "
No DE GOLPES CAPA	12	25	56		

Nº de ensayo		1	2	3
ANTES DE LA INMERSION				
		12 Golpes de capa	25 Golpes de capa	56 Golpes de capa
<b>HUMEDAD</b>	Nº recipiente	5I	7I	8I
	Wh + r	159	151	166
	Ws + r	145	137	151
	Ww	14,10	13,40	15,00
	r	31,15	30,22	31,38
	Ws	114,05	107,18	119,12
	w (%)	12,36	12,50	12,59
MOLDE DE NUMERO		XX	XVI	XIV
Molde + suelo humedo	p	10,437	11,38	10,739
Molde		6,065	6,774	5,946
Suelo humedo	W	4,372	4,608	4,793
Suelo seco= 100w/(100+W)	Ws	3,891	4,096	4,257
Contenido de agua	w	12,36	12,50	12,59
Densidad humeda	h	1866	1967	2041
Densidad humeda	s	1660	1749	1812

DESPUES DE LA INMERSION							
		ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO
<b>HUMEDAD</b>	Nº recipiente	Q1	T3	X2	Q3	C3	V
	Wh + r	109,1	108,7	109,4	103,7	118,4	110,1
	Ws + r	93,9	94,5	95,4	91,2	103,4	96,8
	Ww	15,2	14,2	14	12,5	15	13,3
	r	16,85	16,67	16,31	16,41	17,8	16,62
	Ws	77,05	77,83	79,09	74,79	85,6	80,18
	w (%)	19,73	18,24	17,70	16,71	17,52	16,59
<b>Promedio w (%)</b>		18,99		17,21		17,06	
Molde + suelo humedo	p	10,81		11,67		10,993	
Molde		6,065		6,774		5,946	
Suelo humedo	W	4,75		4,895		5,047	
Suelo seco	Ws	3,988		4,176		4,312	
Contenido de agua	w	19,73		17,70		17,52	
Densidad humeda	h	2025		2090		2149	
Densidad seca	s	1702		1783		1836	

HINCHAMIENTO			
Lectura inicial		0,014	0,018
24 horas		0,015	0,022
48 horas		0,017	0,027
72 horas		0,017	0,034
96 horas			
HINCHAMIENTO %		0,1	0,4

CBR	%		
Densidad seca	ys	1660	1749

Laboratorista: Danny Zavala Guanoluisa Cesar Zambrano Vera	Revisado: Ing. Lucrecia Moreno Responsable: Ing. Nelson Alvarez	Fecha toma de muestra : 4 de Octubre del 2018	Fecha Ensayo: 25 de Octubre del 2018
--	--	--	---



**Universidad Estatal Península de Santa Elena**  
**Facultad de Ciencias de La Ingeniería**  
**Carrera de Ingeniería Civil**



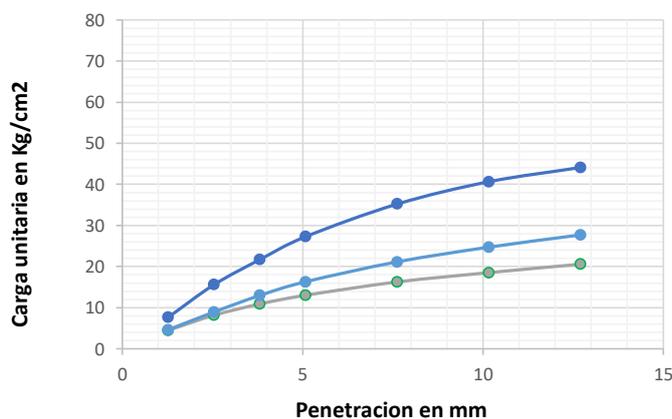
<b>C.B.R - PENETRACION</b>			
<b>Proyecto:</b>	Estudio de Suelo y estabilizacion del material granular existente con emulsion asfaltica para diseño de pavimento flexible	<b>Muestra # 1:</b>	<b>RELLENO</b>
<b>Tesistas:</b>	Danny Zavala - Cesar Zambrano	<b>Coordenadas</b>	<b>Norte:</b> 9793280
<b>Ubicación:</b>	Via Libertador Bolivar - Sitio Nuevo		<b>Este:</b> 534452

MOLDE Nº-	XIV	XV	XVII		
<b>PESO MOLDE</b>	6,065	6,774	5,946	<b>PESO DEL MARTILLO:</b>	10 Lb
<b>VOLUMEN MOLDE</b>	0,00234334	0,00234208	0,00234879	<b>ALTURA DEL MARTILLO:</b>	18 "
<b>No DE GOLPES CAPA</b>	12	25	56		

NUMERO DE ENSAYO	1	2	3	1	2	3

Tamiz ASTM Abertura /Nº	<b>CARGA DE PENETRACION EN Lb</b>			<b>CARGA DE PENETRACION EN Kg</b>		
1,27 mm (0.05")	191,84	197,01	326,48	87,2	89,55	148,4
2,54 mm (0.10")	348,04	381,81	665,06	158,2	173,55	302,3
3,81 mm (0.15")	464,97	553,74	925,10	211,35	251,7	420,5
5,08 mm (0.20")	555,72	695,86	1163,58	252,6	316,3	528,9
7,62 mm (0.30")	693,99	902,66	1502,49	315,45	410,3	682,95
10,16 mm (0.40")	790,57	1055,01	1734,04	359,35	479,55	788,2
12,70 mm (0.50")	878,13	1182,06	1882,10	399,15	537,3	855,5

Tamiz ASTM Abertura /Nº	<b>CARGA DE PENETRACION EN Lb/pulg2</b>			<b>CARGA DE PENETRACION EN Kg/cm2</b>		
1,27 mm (0.05")	63,81	65,53	108,60	4,496	4,617	7,651
<b>2,54 mm (0.10")</b>	<b>115,77</b>	<b>127,00</b>	<b>221,22</b>	<b>8,157</b>	<b>8,948</b>	<b>15,586</b>
3,81 mm (0.15")	154,66	184,19	307,72	10,897	12,977	21,680
<b>5,08 mm (0.20")</b>	<b>184,85</b>	<b>231,47</b>	<b>387,04</b>	<b>13,024</b>	<b>16,308</b>	<b>27,269</b>
7,62 mm (0.30")	230,84	300,25	499,78	16,264	21,154	35,212
10,16 mm (0.40")	262,97	350,93	576,80	18,527	24,725	40,638
12,70 mm (0.50")	292,09	393,19	626,05	20,579	27,702	44,108



Nº de Golpes	Esfuerzo de penetracion	
	0.10 pulg	0.20 pulg
12	8,157	13,024
25	8,948	16,308
56	15,586	27,269

C.B.R	%	
12	11,58	12,32
25	12,70	15,43
56	22,12	25,80

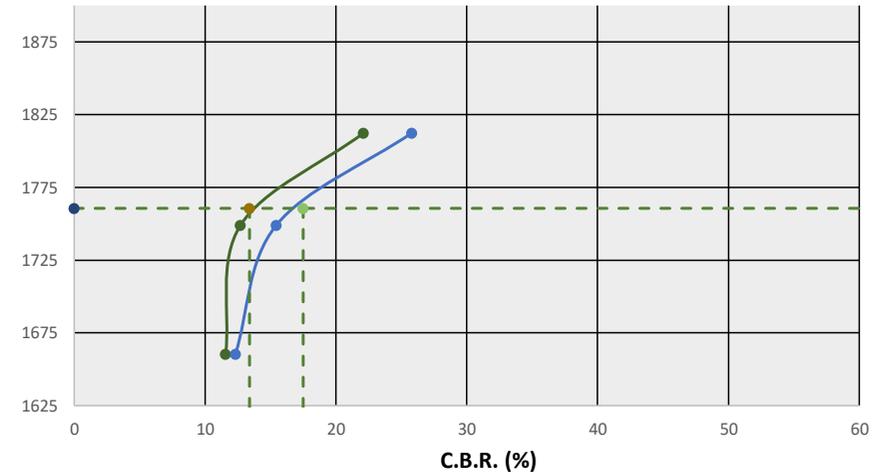
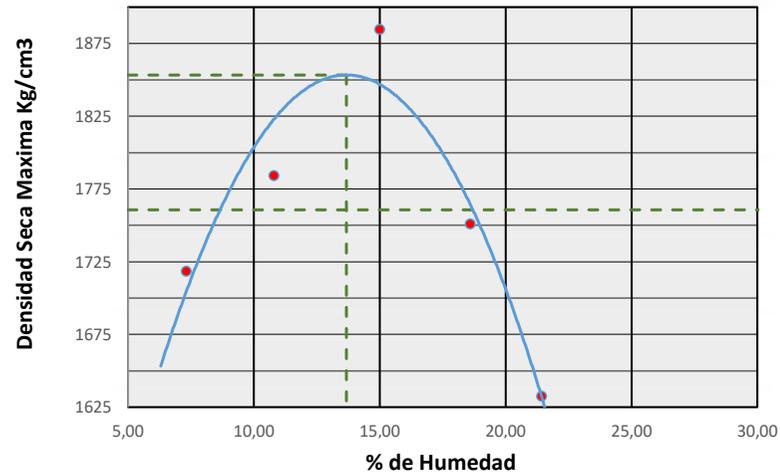
<b>Laboratorista:</b> Danny Zavala Guanoluisa Cesar Zambrano Vera	<b>Revisado:</b> Ing. Lucrecia Moreno <b>Responsable:</b> Ing. Nelson Alvarez	<b>Fecha de toma de muestra:</b> 4 de Octubre del 2018	<b>Fecha de ensayo:</b> 25 de Octubre del 2018
---	--	---	---



**Universidad Estatal Península de Santa Elena**  
**Facultad de Ciencias de La Ingeniería**  
**Carrera de Ingeniería Civil**



RELACION DE GRAFICO DE PROCTOR Y CBR			
<b>Proyecto:</b>	Estudio de Suelo y estabilizacion del material granular existente con emulsion asphaltica para diseño de pavimento flexible	<b>Muestra # 1:</b>	<b>RELLENO</b>
<b>Tesistas:</b>	Danny Zavala - Cesar Zambrano	<b>Coordenadas</b>	<b>Norte:</b> 9793280
<b>Ubicación:</b>	Via Libertador Bolivar - Sitio Nuevo		<b>Este:</b> 534452



**Densidad seca Max =** 1853,27 Kg/m3  
**Humedad optima =** 13,68 %  
**95 % Densidad seca Max =** 1761 Kg/m3

**CBR para 0,10" :** 13,40 %  
**CBR para 0,20" :** 17,50 %

Nº Golpes / capa	Densidad Kg/ m3	Carga Unitaria Kg/m2		Carga Unitaria Patron Kg/m2		C.B.R %		Expansión %
		0,10"	0,20"	0,10"	0,20"	0,10"	0,20"	
12	1660	8,157	13,024	70,45	105,68	11,58	12,32	0,1
25	1749	8,948	16,308	70,45	105,68	12,70	15,43	0,4
56	1812	15,586	27,269	70,45	105,68	22,12	25,80	0,2

<b>Laboratorista:</b> Danny Zavala Guanoluisa Cesar Zambrano Vera	<b>Revisado:</b> Ing. Lucrecia Moreno <b>Responsable:</b> Ing. Nelson Alvarez	<b>Fecha de toma de muestra:</b> 4 de Octubre del 2018	<b>Fecha Ensayo:</b> 25 de Octubre del 2018
---	--	---	--



**Universidad Estatal Península de Santa Elena**  
**Facultad de Ciencias de La Ingeniería**  
**Carrera de Ingeniería Civil**



CONTENIDO DE HUMEDAD			
<b>Proyecto:</b>	Estudio de Suelo y estabilizacion del material granular existente con emulsion asfaltica para diseño de pavimento flexible	<b>Muestra # 2 :</b>	<b>RELLENO</b>
<b>Tesistas:</b>	Danny Zavala - Cesar Zambrano	<b>Coordenadas</b>	<b>Norte:</b> 9793222
<b>Ubicación:</b>	Vía Libertador Bolivar - Sitio Nuevo		<b>Este:</b> 533267

<b>RECIPIENTE #</b>	DC2	
<b>MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA HUMEDA (P1)</b>	550,00	
<b>MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA SECA (P2)</b>	475,00	
<b>MASA DE RECIPIENTE (P4)</b>	39,20	
<b>% DE HUMEDAD</b>		17,21

<b>Laboratorista:</b> Danny zavala Guanoluisa Cesar Zambrano Vera	<b>Revisado:</b> Ing. Lucrecia Moreno <b>Responsable:</b> Ing. Nelson Alvarez	<b>Fecha de toma de muestra:</b> 4 de Octubre del 2018	<b>Fecha ensayo:</b> 5 de Octubre del 2018
---	--	---	---



**Universidad Estatal Península de Santa Elena**  
**Facultad de Ciencias de La Ingeniería**  
**Carrera de Ingeniería Civil**



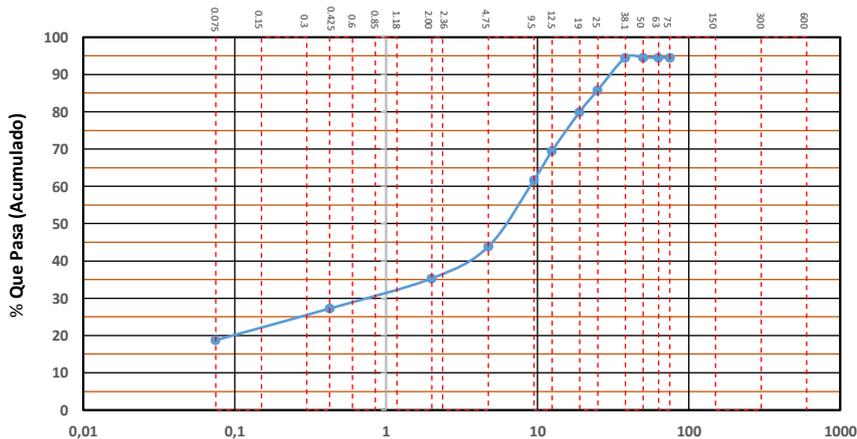
DETERMINACION DE LA DISTRIBUCION GRANULOMETRICA DE SUELOS Y AGREGADOS GRUESOS Y FINOS			
<b>Proyecto:</b>	Estudio de Suelo y estabilizacion del material granular existente con emulsion asfaltica para diseño de pavimento flexible	<b>Muestra # 2:</b>	<b>Relleno</b>
<b>Tesistas:</b>	Danny Zavala - Cesar Zambrano	<b>Coordenadas</b>	<b>Norte:</b> 9793222
<b>Ubicación:</b>	Vía Libertador Bolivar - Sitio Nuevo		<b>Este:</b> 533267

Ensayo de Contenido de Humedad	Material Serie	
	Gruesa	Fina
Resipiente N°	K	1
Masa de Recipiente + Muestra Humeda (P1)	3093,00	786,00
Masa de Recipiente + Muestra Seca (P2)	2819,00	711,00
Masa de Agua (P3 = P1 - P2)	274	75,00
Masa de Recipiente (P4)	189,00	131,00
Masa de Muestra Seca (P5= P2-P4)	2630	580
% de Humedad (W= P3 × 100 ÷ P5)	10,42	12,93

SERIE GRUESA				
Tamiz ASTM / N°.	Abertura / N°.	Masa Retenida		% Pasante acumulado
		Parcial	Acumulada	
600 mm.	24 "			
300 mm.	12 "			
150 mm.	6 "			
75 mm.	3 "	476	431,0881543	94,52
63 mm.	2 1/2"	0	431,1	94,52
50 mm.	2 "	0	431,1	94,52
38,1 mm.	1 1/2"	1,034	432,0	94,51
25 mm.	1 "	757	1117,6	85,79
19 mm.	3/4"	505	1575,0	79,97
12,5 mm.	1/2"	904	2393,7	69,56
9,5 mm.	3/8"	678	3007,7	61,75
4,75 mm.	No.4	1550	4411,4	43,90
Pasa No. 4		3898	3451,664122	

SERIE FINA					
Tamiz ASTM / N°.	Abertura / N°.	Masa Retenida		% Pasante acumulado	% Pasante corregido
		Parcial	Acumulada		
2,36 mm.	No. 8				
2 mm.	No. 10	52	52	80,43	35,30
1,18 mm.	No. 16				
0,85 mm.	No. 20				
0,60 mm.	No. 30				
0,425 mm.	No. 40	48,79	100,79	62,06	27,24
0,3 mm.	No. 50				
0,15 mm.	No. 100				
0,075 mm.	No. 200	51,34	152,13	42,73	18,76
Pasa No. 200					
Masa inicial del material para lavado =		300 gr.			
Masa inicial del material para lavado =		265,6 gr.			
Masa Total del Material utilizado para el ensayo (gr)				7863,1	

**CURVA DE DISTRIBUCION GRANULOMETRICA**  
**TAMICES ASTM (Abertura en Milímetros)**



Distribucion del Tamaño de las Partículas Valores expresados en porcentajes			
Pedron Rodado (>12")		0,0	
Canto Rodado (12"-3")		0,0	
Grava (3"-N°4)	Gruesa (3"-3/4")	20,03	56,1
	Fina (3/4"-N°4)	36,1	
Arena (N°4-N°200)	Gruesa (N°4-N°10)	8,6	25,1
	Media (N°10-N°40)	8,1	
	Fina (N°40-N°200)	8,5	
Finos (>N°200)		18,76	

Condiciones de Filtro			
D15 =	0,000	Cu =	
D30 =	0,964	Cc =	
D60 =	9,035		
Cu >= 4			
1 > Cc > 3			

Laboratorista: Danny Zavala Guanoluisa Cesar Zambrano Vera	Revisado: Ing. Lucrecia Morena Responsable: Ing. Nelson Alavarez	Fecha de toma de muestra : 4 de Octubre del 2018	Fecha Ensayo: 25 de Octubre del 2018
--	---	---	---



**Universidad Estatal Península de Santa Elena**  
**Facultad de Ciencias de La Ingeniería**  
**Carrera de Ingeniería Civil**



**DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS**

<b>Proyecto:</b>	Estudio de Suelo y estabilizacion del material granular existente con emulsion asfaltica para diseño de pavimento flexible	<b>Muestra # 2:</b>	<b>RELLENO</b>	
<b>Tesistas:</b>	Danny Zavala - Cesar Zambrano	<b>Coordenadas</b>	<b>Norte:</b>	9793222
<b>Ubicación:</b>	Vía Libertador Bolivar - Sitio Nuevo		<b>Este:</b>	533267

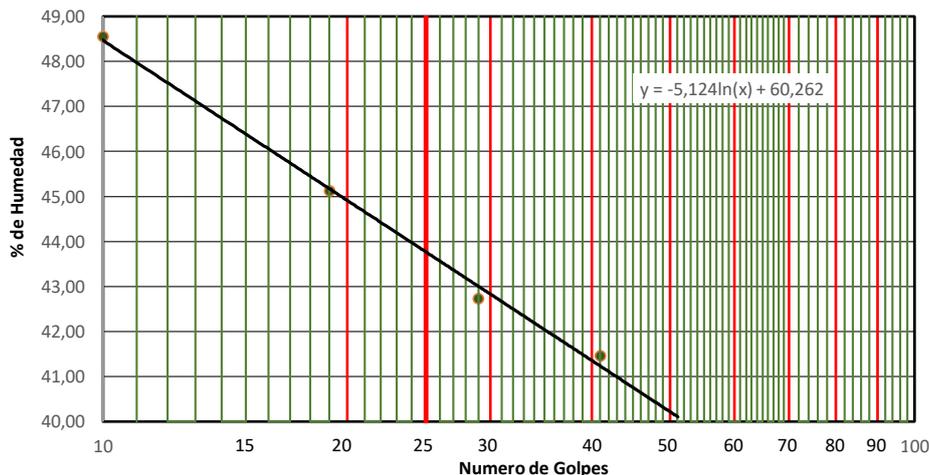
**DATOS DEL ENSAYO**

RECIPIENTE #	P5	P8	11	4
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA HUMEDA (P1)	23,88	24,12	26,92	23,51
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA SECA (P2)	19,01	19,44	21,63	19,31
MASA DE AGUA ( P3 = P1 -P2 )	4,87	4,68	5,29	4,20
MASA DE RECIPIENTE (P4)	8,98	9,07	9,25	9,18
MASA DE MUESTRA SECA ( P5 = P2- P4 )	10,03	10,37	12,38	10,13
% DE HUMEDAD ( W = P3* 100 ÷ P5 )	48,55	45,13	42,73	41,46
# DE GOLPES	10	19	29	41

**DATOS DEL ENSAYO**

RECIPIENTE #	L3	5	4
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA HUMEDA (P1)	13,56	13,70	13,59
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA SECA (P2)	12,58	12,78	12,64
MASA DE AGUA ( P3 = P1 -P2 )	0,98	0,92	0,95
MASA DE RECIPIENTE (P4)	9,11	9,49	9,23
MASA DE MUESTRA SECA ( P5 = P2- P4 )	3,47	3,29	3,41
% DE HUMEDAD ( W = P3* 100 ÷ P5 )	28,24	27,96	27,86

SEGUN LA CARTA DE LA COMPOSICION MINERALOGICA EN LA PLASTICIDAD (DAY, 1999)



**RESULTADOS**

**LIMITE LIQUIDO = 43,77**

**LIMITE PLASTICO= 28,02**

**INDICE DE PLASTICIDAD= 15,75**

CLASIFICACION SEGÚN CARTA DE PLASTICIDAD ASTM D-2487 SUCS

<b>Laboratorista:</b> Danny Zavala Guanoluisa Cesar Zambrano Vera	<b>Revisado:</b> Ing. Lucrecia Moreno <b>Responsable:</b> Ing. Nelson Alvarez	<b>Fecha de toma de muestra :</b> 4 de Octubre del 2018	<b>Fecha Ensayo:</b> 25 de Octubre del 2018
---	--	--	--

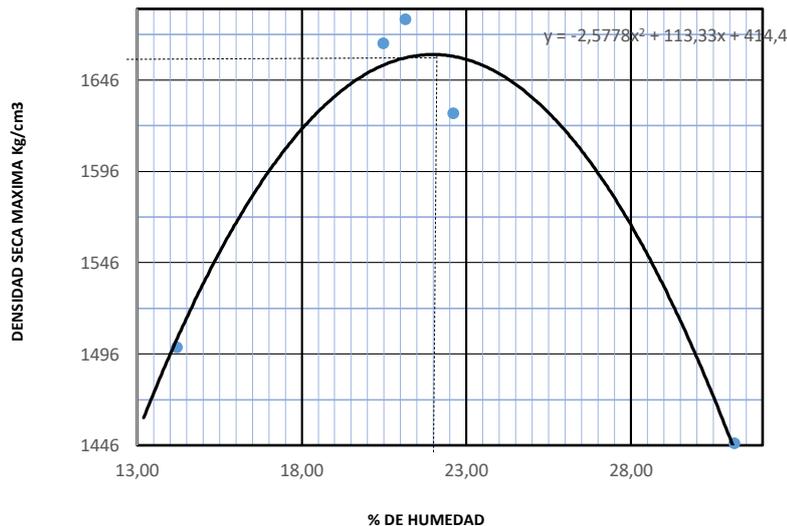


DETERMINACION DE LA RELACION HUMEDAD - DENSIDAD DE SUELOS			
<b>Proyecto:</b>	Estudio de Suelo y estabilizacion del material granular existente con emulsion asfaltica para diseño de pavimento flexible	<b>Muestra # 2:</b>	<b>RELLENO</b>
<b>Tesistas:</b>	Danny Zavala - Cesar Zambrano	<b>Coordenadas</b>	<b>Norte:</b> 9793222
<b>Ubicación:</b>	Libertador Bolivar - Sitio Nuevo		<b>Este:</b> 533267

PESO DEL CILINDRO (P7)	5364
VOLUMEN DEL CILINDRO (V)	2057,73
PESO DEL MARTILLO (Kg.)	4,54
ALTURA DE CAIDA DEL MARTILLO (cm.)	45,72
TIPO DE ENSAYO	Modificado
# DE CAPAS	5
# DE GOLPES POR CAPA	56

Modificado Metodo C;  
 Porcion que pasa en la malla No 3/4. Puede usarse si mas de 20% por peso del material es retenido en la malla de 9,5mm (3/4 pulg) y menos de 30% por peso es retenido en la malla de 19,00 mm (3/4 pulg).

DATOS DEL ENSAYO												
PUNTO #	1		2		3		4		5		6	
	Grueso	Fino										
Material de ensayo												
RECIPIENTE #	R1		4		Q		41		G6			
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA HUMEDA (P1)	87		83		92		110		124			
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA SECA (P2)	78		72		79		93		99			
MASA DE AGUA ( P3 = P1 -P2 )	9		11		13		17		26			
MASA DE RECIPIENTE (P4)	17		17		17		17		17			
MASA DE MUESTRA SECA ( P5 = P2- P4 )	62		55		62		76		82			
% DE HUMEDAD ( W = P3* 100 ÷ P5 )	14		20		21		23		31			
% DE HUMEDAD PROMEDIO	14,20		20,47		21,14		22,60		31,13			
% DE HUEMEDAD AÑADIDA AL SUELO	TN		150		300		500		800			
MASA DE CILINDRO + SUELO HUMEDO (P6)	8888		9494		9550		9470		9268			
MASA DE SUELO HUMEDO (P8=P6-P7)	3524		4130		4186		4106		3904			
DENSIDAD HUMEDA DEL SUELO (Dh= P8 ÷ v )	1713		2007		2034		1995		1897			
DENSIDAD SECA DEL SUELO (Ds = Dh ÷ ( 1 + w ÷100 ) )	1500		1666		1679		1628		1447			



RESULTADOS
Ds densidad Seca Maxima 1660 Kg./m3
% de Humedad Optima 22,0 %

<b>Laboratorista:</b> Danny Zavala Guanoluisa Cesar Zambrano Vera	<b>Revisado:</b> Ing. Lucrecia Moreno <b>Responsable:</b> Ing. Nelson Alvarez	<b>Fecha de toma de muestra :</b> 4 de Octubre del 2018	<b>Fecha Ensayo:</b> 25 de Octubre del 2018
---	--	--	--



**Universidad Estatal Península de Santa Elena**  
**Facultad de Ciencias de La Ingeniería**  
**Carrera de Ingeniería Civil**



**C.B.R - DENSIDADES**

<b>Proyecto:</b>	Estudio de Suelo y estabilización del material granular existente con emulsion asfáltica para diseño de pavimento flexible	<b>Muestra # 2 :</b>	<b>RELLENO</b>	
<b>Tesistas:</b>	Danny Zavala - Cesar Zambrano	<b>Coordenadas</b>	<b>Norte:</b>	9793222
<b>Ubicación:</b>	Vía Libertador Bolívar - Sitio Nuevo		<b>Este:</b>	533267

MOLDE Nº-	VII	XIII	VI	
PESO MOLDE	5,878	6,668	5,861	PESO DEL MARTILLO 10Lb
VOLUMEN MOLDE	0,00235258	0,00235258	0,00232514	ALTURA DEL MOLDE 18 "
No DE GOLPES CAPA	12	25	56	

Nº de ensayo		1	2	3
<b>ANTES DE LA INMERSION</b>				
		12 Golpes de capa	25 Golpes de capa	56 Golpes de capa
<b>HUMEDAD</b>	Nº recipiente	R3	V2	Z2
	Wh + r	98	104	98
	Ws + r	84	89	84
	Ww	13,80	15,10	13,90
	r	16,88	16,73	16,48
	Ws	67,42	71,77	67,62
	w (%)	20,47	21,04	20,56
<b>MOLDE DE NUMERO</b>		VII	XIII	VI
Molde + suelo humedo	p	9,958	11,04	10,351
Molde		5,878	6,668	5,861
Suelo humedo	W	4,08	4,371	4,49
Suelo seco= 100w/(100+W)	Ws	3,387	3,611	3,724
Contenido de agua	w	20,47	21,04	20,56
Densidad humeda	h	1734	1858	1931
Densidad humeda	s	1440	1535	1602

<b>DESPUES DE LA INMERSION</b>							
		ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO
<b>HUMEDAD</b>	Nº recipiente	C4	Q2	T1	Y1	V2	R3
	Wh + r	109,1	98,1	124,1	104,4	121,5	96,5
	Ws + r	84,6	80,4	98,3	84,1	97,4	78,9
	Ww	24,5	17,7	25,8	20,3	24,1	17,6
	r	16,93	16,54	16,53	16,32	16,73	16,88
	Ws	67,67	63,86	81,77	67,78	80,67	62,02
	w (%)	36,21	27,72	31,55	29,95	29,87	28,38
<b>Promedio w (%)</b>		31,96		30,75		29,13	
Molde + suelo humedo	p	10,25		11,25		10,481	
Molde		5,878		6,668		5,861	
Suelo humedo	W	4,37		4,584		4,62	
Suelo seco	Ws	3,309		3,506		3,578	
Contenido de agua	w	36,21		31,55		29,87	
Densidad humeda	h	1856		1948		1987	
Densidad seca	s	1407		1490		1539	

<b>HINCHAMIENTO</b>			
Lectura inicial		0,047	0,076
24 horas		0,095	1,039
48 horas		0,098	1,048
72 horas		1,000	1,050
96 horas			
<b>HINCHAMIENTO %</b>		20,9	21,4

<b>CBR</b>	%		
Densidad seca	ys	1440	1535

<b>Laboratorista:</b> Danny Zavala Guanoluisa Cesar Zambrano Vera	<b>Revisado:</b> Ing. Lucrecia Moreno <b>Responsable:</b> Ing. Nelson Alvarez	<b>Fecha toma de muestra :</b> 4 de Octubre del 2018	<b>Fecha Ensayo:</b> 25 de Octubre del 2018
---	--	---	--



**Universidad Estatal Península de Santa Elena**  
**Facultad de Ciencias de La Ingeniería**  
**Carrera de Ingeniería Civil**



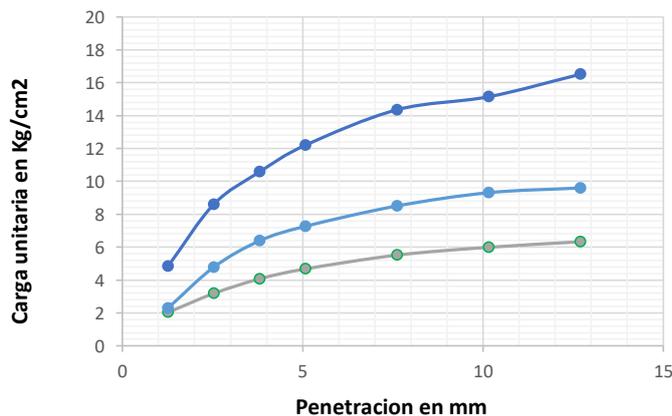
<b>C.B.R - PENETRACION</b>			
<b>Proyecto:</b>	Estudio de Suelo y estabilizacion del material granular existente con emulsion asfaltica para diseño de pavimento flexible	<b>Muestra # 2:</b>	<b>RELLENO</b>
<b>Tesistas:</b>	Danny Zavala - Cesar Zambrano	<b>Coordenadas</b>	<b>Norte:</b> 9793222
<b>Ubicación:</b>	Via Libertador Bolivar - Sitio Nuevo		<b>Este:</b> 533267

MOLDE Nº-	XIV	XV	XVII		
<b>PESO MOLDE</b>	5,878	6,668	5,861	<b>PESO DEL MARTILLO:</b>	10 Lb
<b>VOLUMEN MOLDE</b>	0,00235258	0,00235258	0,00232514	<b>ALTURA DEL MARTILLO:</b>	18 "
<b>No DE GOLPES CAPA</b>	12	25	56		

NUMERO DE ENSAYO	1	2	3	1	2	3

Tamiz ASTM Abertura /Nº	<b>CARGA DE PENETRACION EN Lb</b>			<b>CARGA DE PENETRACION EN Kg</b>		
1,27 mm (0.05")	86,90	98,34	207,02	39,50	44,70	94,10
2,54 mm (0.10")	135,96	204,38	367,62	61,80	92,90	167,10
3,81 mm (0.15")	173,80	272,58	451,44	79,00	123,90	205,20
5,08 mm (0.20")	199,54	310,20	520,74	90,70	141,00	236,70
7,62 mm (0.30")	235,40	363,00	612,70	107,00	165,00	278,50
10,16 mm (0.40")	255,64	397,32	646,36	116,20	180,60	293,80
12,70 mm (0.50")	269,94	409,64	704,66	122,70	186,20	320,30

Tamiz ASTM Abertura /Nº	<b>CARGA DE PENETRACION EN Lb/pulg2</b>			<b>CARGA DE PENETRACION EN Kg/cm2</b>		
1,27 mm (0.05")	28,91	32,71	68,86	2,037	2,305	4,852
<b>2,54 mm (0.10")</b>	<b>45,22</b>	<b>67,98</b>	<b>122,28</b>	<b>3,186</b>	<b>4,790</b>	<b>8,615</b>
3,81 mm (0.15")	57,81	90,67	150,16	4,073	6,388	10,580
<b>5,08 mm (0.20")</b>	<b>66,37</b>	<b>103,18</b>	<b>173,22</b>	<b>4,676</b>	<b>7,270</b>	<b>12,204</b>
7,62 mm (0.30")	78,30	120,75	203,80	5,517	8,507	14,359
10,16 mm (0.40")	85,03	132,16	215,00	5,991	9,311	15,148
12,70 mm (0.50")	89,79	136,26	234,39	6,326	9,600	16,514



Nº de Golpes	Esfuerzo de penetracion	
	0.10 pulg	0.20 pulg
12	3,186	4,676
25	4,790	7,270
56	8,615	12,204

C.B.R	%	
12	4,52	4,42
25	6,80	6,88
56	12,23	11,55

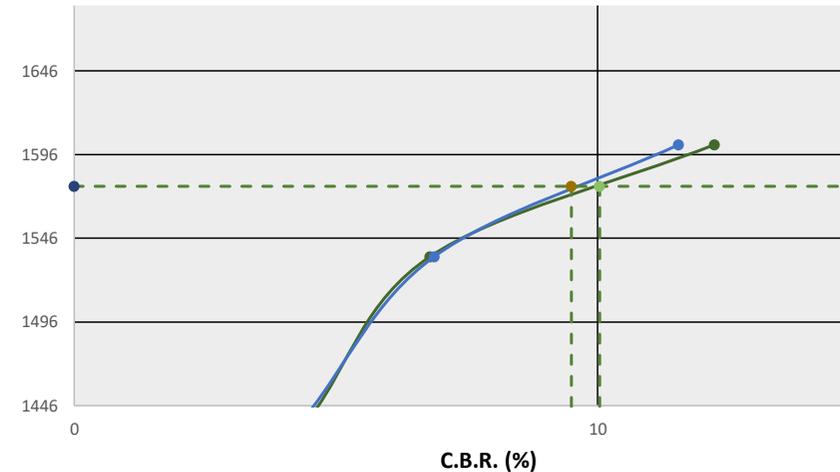
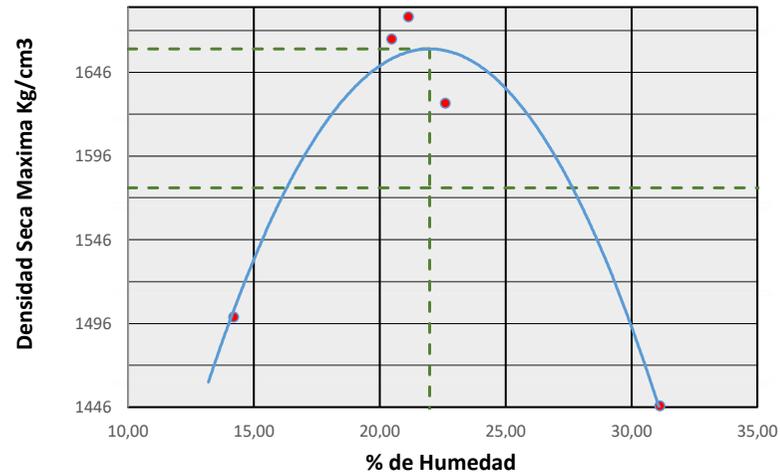
<b>Laboratorista:</b> Danny Zavala Guanoluisa Cesar Zambrano Vera	<b>Revisado:</b> Ing. Lucrecia Moreno <b>Responsable:</b> Ing. Nelson Alvarez	<b>Fecha de toma de muestra:</b> 4 de Octubre del 2018	<b>Fecha de ensayo:</b> 25 de Octubre del 2018
---	--	---	---



**Universidad Estatal Península de Santa Elena**  
**Facultad de Ciencias de La Ingeniería**  
**Carrera de Ingeniería Civil**



RELACION DE GRAFICO DE PROCTOR Y CBR			
<b>Proyecto:</b>	Estudio de Suelo y estabilizacion del material granular existente con emulsion asfaltica para diseño de pavimento flexible	<b>Muestra # 2:</b>	<b>RELLENO</b>
<b>Tesistas:</b>	Danny Zavala - Cesar Zambrano	<b>Coordenadas</b>	<b>Norte:</b> 9793222
<b>Ubicación:</b>	Via Libertador Bolivar - Sitio Nuevo		<b>Este:</b> 533267



**Densidad seca Max =** 1660,01 Kg/m3  
**Humedad optima =** 21,98 %  
**95 % Densidad seca Max =** 1577 Kg/m3

**CBR para 0,10" :** 9,50 %  
**CBR para 0,20" :** 10,04 %

Nº Golpes / capa	Densidad Kg/ m3	Carga Unitaria Kg/m2		Carga Unitaria Patron Kg/m2		C.B.R %		Expansión %
		0,10"	0,20"	0,10"	0,20"	0,10"	0,20"	
12	1440	3,186	4,676	70,45	105,68	4,52	4,42	20,9
25	1535	4,790	7,270	70,45	105,68	6,80	6,88	21,4
56	1602	8,615	12,204	70,45	105,68	12,23	11,55	1,4

<b>Laboratorista:</b> Danny Zavala Guanoluisa Cesar Zambrano Vera	<b>Revisado:</b> Ing. Lucrecia Moreno <b>Responsable:</b> Ing. Nelson Alvarez	<b>Fecha de toma de muestra:</b> 4 de Octubre del 2018	<b>Fecha Ensayo:</b> 25 de Octubre del 2018
---	--	---	--



**Universidad Estatal Península de Santa Elena**  
**Facultad de Ciencias de La Ingeniería**  
**Carrera de Ingeniería Civil**



<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>			
<b>Proyecto:</b>	Estudio de Suelo y estabilizacion del material granular existente con emulsion asfaltica para diseño de pavimento flexible	<b>Muestra # 3 :</b>	<b>TERRENO NATURAL</b>
<b>Tesistas:</b>	Danny Zavala - Cesar Zambrano	<b>Coordenadas</b>	<b>Norte:</b> 9793280
<b>Ubicación:</b>	Via Libertador Bolivar - Sitio Nuevo		<b>Este:</b> 534452

<b>RECIPIENTE #</b>	<b>P</b>
<b>MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA HUMEDA (P1)</b>	75,40
<b>MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA SECA (P2)</b>	70,65
<b>MASA DE RECIPIENTE (P4)</b>	17,15
<b>% DE HUMEDAD</b>	8,88

<b>Laboratorista:</b> Danny zavala Guanoluisa Cesar Zambrano Vera	<b>Revisado:</b> Ing. Lucrecia Moreno <b>Responsable:</b> Ing. Nelson Alvarez	<b>Fecha de toma de muestra:</b> 4 de Octubre del 2018	<b>Fecha ensayo:</b> 5 de Octubre del 2018
---	--	---	---



**Universidad Estatal Península de Santa Elena**  
**Facultad de Ciencias de La Ingeniería**  
**Carrera de Ingeniería Civil**



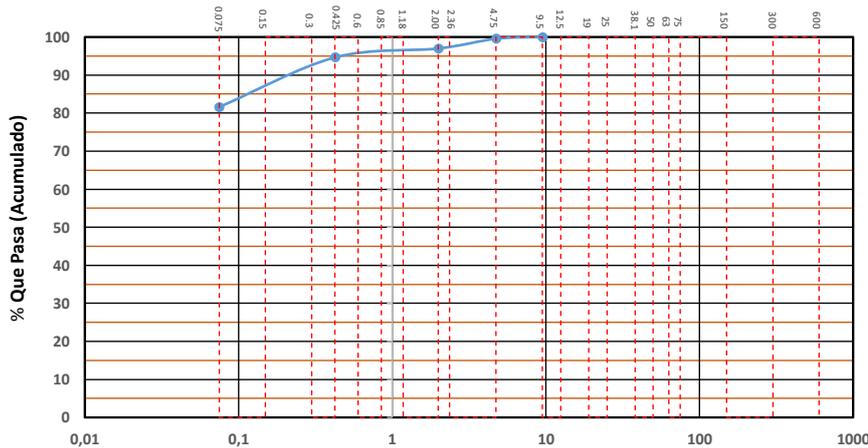
DETERMINACION DE LA DISTRIBUCION GRANULOMETRICA DE SUELOS Y AGREGADOS GRUESOS Y FINOS			
<b>Proyecto:</b>	Estudio de Suelo y estabilizacion del material granular existente con emulsion asfaltica para diseño de pavimento flexible	<b>Muestra # 3:</b>	<b>TERRENO NATURAL</b>
<b>Tesistas:</b>	Danny Zavala - Cesar Zambrano	<b>Coordenadas</b>	<b>Norte:</b> 9793280
<b>Ubicación:</b>	Via Libertador Bolivar - Sitio Nuevo		<b>Este:</b> 534452

Ensayo de Contenido de Humedad	Material Serie	
	Gruesa	Fina
Resipiente N°		P
Masa de Recipiente + Muestra Humeda (P1)		75,40
Masa de Recipiente + Muestra Seca (P2)		70,65
Masa de Agua (P3 = P1 -P2)		4,75
Masa de Recipiente (P4)		17,15
Masa de Muestra Seca (P5= P2-P4)		53,5
% de Humedad (W= P3 × 100 ÷ P5)		8,88

SERIE GRUESA				
Tamiz ASTM	Abertura / N°.	Masa Retenida		% Pasante acumulado
		Parcial	Acumulada	
600 mm.	24 "			
300 mm.	12 "			
150 mm.	6 "			
75 mm.	3 "	0	0	100,00
63 mm.	2 1/2"	0	0,0	100,00
50 mm.	2 "	0	0,0	100,00
38,1 mm.	1 1/2"	0	0,0	100,00
25 mm.	1 "	0	0,0	100,00
19 mm.	3/4"	0	0,0	100,00
12,5 mm.	1/2"	0	0,0	100,00
9,5 mm.	3/8"	0	0,0	100,00
4,75 mm.	No.4	0,26	0,26	99,55
Pasa No. 4			58 gr.	

SERIE FINA					
Tamiz ASTM	Abertura / N°.	Masa Retenida		% Pasante acumulado	% Pasante corregido
		Parcial	Acumulada		
2,36 mm.	No. 8				
2 mm.	No. 10	1,38	1,38	97,42	96,99
1,18 mm.	No. 16				
0,85 mm.	No. 20				
0,60 mm.	No. 30				
0,425 mm.	No. 40	1,26	2,64	95,07	94,64
0,3 mm.	No. 50				
0,15 mm.	No. 100				
0,075 mm.	No. 200	7,00	9,64	81,98	81,62
Pasa No. 200					
Masa inicial del material para lavado =			58 gr.		
Masa inicial del material para lavado =			53,5 gr.		
Masa Total del Material utilizado para el ensayo (gr)					58,3

**CURVA DE DISTRIBUCION GRANULOMETRICA**  
**TAMICES ASTM (Abertura en Milímetros)**



Distribucion del Tamaño de las Partículas Valores expresados en porcentajes			
Pedron Rodado (>12")			0,0
Canto Rodado (12"-3")			0,0
Grava (3"-N°4)	Gruesa (3"-3/4")	0,00	0,4
	Fina (3/4"-N°4)	0,4	
Arena (N°4-N°200)	Gruesa (N°4-N°10)	2,6	17,9
	Media (N°10-N°40)	2,3	
	Fina (N°40-N°200)	13,0	
Finos (>N°200)			81,62

Condiciones de Filtro	
D15 =	Cu =
D30 =	
D60 =	Cc =
Cu ≥ 4	
1 > Cc > 3	

Laboratorista: Danny Zavala Guanoluiza Cesar Zambrano Vera	Revisado: Ing. Lucrecia Morena Responsable: Ing. Nelson Alvarez	Fecha de toma de muestra : 4 de Octubre del 2018	Fecha Ensayo: 25 de Octubre del 2018
--	--	---	---



**Universidad Estatal Península de Santa Elena**  
**Facultad de Ciencias de La Ingeniería**  
**Carrera de Ingeniería Civil**



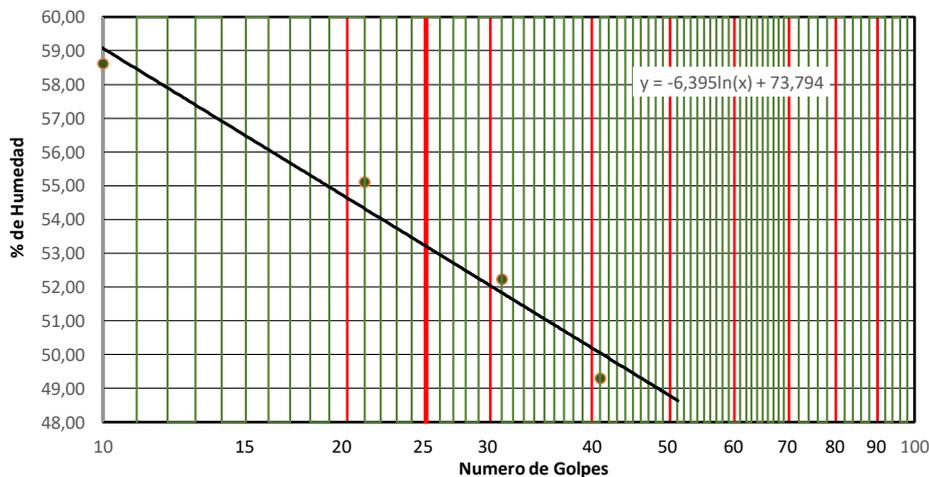
**DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS**

<b>Proyecto:</b>	Estudio de Suelo y estabilizacion del material granular existente con emulsion asfaltica para diseño de pavimento flexible	<b>Muestra # 3:</b>	<b>TERRENO NATURAL</b>	
<b>Tesistas:</b>	Danny Zavala - Cesar Zambrano	<b>Coordenadas</b>	<b>Norte:</b>	9793280
<b>Ubicación:</b>	Via Libertador Bolivar - Sitio Nuevo		<b>Este:</b>	534452

DATOS DEL ENSAYO						
RECIPIENTE #	N4	N2	1	P2		
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA HUMEDA (P1)	21,89	22,39	22,81	23,24		
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA SECA (P2)	17,23	17,75	18,14	18,61		
MASA DE AGUA ( P3 = P1 -P2 )	4,66	4,64	4,67	4,63		
MASA DE RECIPIENTE (P4)	9,28	9,33	9,20	9,22		
MASA DE MUESTRA SECA ( P5 = P2- P4 )	7,95	8,42	8,94	9,39		
% DE HUMEDAD ( W = P3* 100 ÷ P5 )	58,62	55,11	52,24	49,31		
# DE GOLPES	10	21	31	41		

DATOS DEL ENSAYO				
RECIPIENTE #	P4	4	L3	
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA HUMEDA (P1)	14,34	14,16	14,33	
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA SECA (P2)	13,29	13,14	13,28	
MASA DE AGUA ( P3 = P1 -P2 )	1,05	1,02	1,05	
MASA DE RECIPIENTE (P4)	9,14	9,18	9,11	
MASA DE MUESTRA SECA ( P5 = P2- P4 )	4,15	3,96	4,17	
% DE HUMEDAD ( W = P3* 100 ÷ P5 )	25,30	25,76	25,18	

SEGUN LA CARTA DE LA COMPOSICION MINERALOGICA EN LA PLASTICIDAD (DAY, 1999)



RESULTADOS	
LIMITE LIQUIDO =	<b>53,21</b>
LIMITE PLASTICO=	<b>25,41</b>
INDICE DE PLASTICIDAD=	<b>27,80</b>

CLASIFICACION SEGÚN CARTA DE PLASTICIDAD ASTM D-2487 SUCS

<b>Laboratorista:</b> Danny Zavala Guanoluisa Cesar Zambrano Vera	<b>Revisado:</b> Ing. Lucrecia Moreno <b>Responsable:</b> Ing. Nelson Alvarez	<b>Fecha de toma de muestra :</b> 4 de Octubre del 2018	<b>Fecha Ensayo:</b> 25 de Octubre del 2018
---	--	--	--



**Universidad Estatal Península de Santa Elena**  
**Facultad de Ciencias de La Ingeniería**  
**Carrera de Ingeniería Civil**



**C.B.R - DENSIDADES**

<b>Proyecto:</b>	Estudio de Suelo y estabilizacion del material granular existente con emulsion asfaltica para diseño de pavimento flexible	<b>Muestra # 3 :</b>	<b>TERRENO NATURAL</b>	
<b>Tesistas:</b>	Danny Zavala - Cesar Zambrano	<b>Coordenadas</b>	<b>Norte:</b>	9793280
<b>Ubicación:</b>	Via Libertador Bolivar - Sitio Nuevo		<b>Este:</b>	534452

MOLDE Nº-	IV				
PESO MOLDE	5,870			PESO DEL MARTILLO	10Lb
VOLUMEN MOLDE	0,00233816			ALTURA DEL MOLDE	18 "
No DE GOLPES CAPA	TN				

Nº de ensayo	1	2	3
--------------	---	---	---

**ANTES DE LA INMERSION**

		TN		
<b>HUMEDAD</b>	Nº recipiente	Y		
	Wh + r	87		
	Ws + r	76		
	Ww	11,61		
	r	17,12		
	Ws	58,5		
	w (%)	19,85		
<b>MOLDE DE NUMERO</b>		IV		
Molde + suelo humedo	p	9,508		
Molde		5,87		
Suelo humedo	W	3,638		
Suelo seco= 100w/(100+W)	Ws	3,036		
Contenido de agua	w	19,85		
Densidad humeda	h	1556		
Densidad humeda	s	1298		

**DESPUES DE LA INMERSION**

		ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO
<b>HUMEDAD</b>	Nº recipiente	P	A				
	Wh + r	106,45	105,88				
	Ws + r	81,41	83,79				
	Ww	25,04	22,09				
	r	16,33	16,85				
	Ws	65,08	66,94				
	w (%)	38,48	33,00				
<b>Promedio w (%)</b>		35,74					
Molde + suelo humedo	p	10,064					
Molde		5,87					
Suelo humedo	W	4,19					
Suelo seco	Ws	3,090					
Contenido de agua	w	38,48					
Densidad humeda	h	1794					
Densidad seca	s	1321					

**HINCHAMIENTO**

Lectura inicial		0,019		
24 horas		0,098		
48 horas		1,002		
72 horas		1,008		
96 horas				
<b>HINCHAMIENTO %</b>		21,7		

CBR	%		
Densidad seca	ys	1298	

<b>Laboratorista:</b> Danny Zavala Guanoluisa Cesar Zambrano Vera	<b>Revisado:</b> Ing. Lucrecia Moreno <b>Responsable:</b> Ing. Nelson Alvarez	<b>Fecha toma de muestra :</b> 4 de Octubre del 2018	<b>Fecha Ensayo:</b> 25 de Octubre del 2018
---	--	---	--



**Universidad Estatal Península de Santa Elena**  
**Facultad de Ciencias de La Ingeniería**  
**Carrera de Ingeniería Civil**



**C.B.R - PENETRACION**

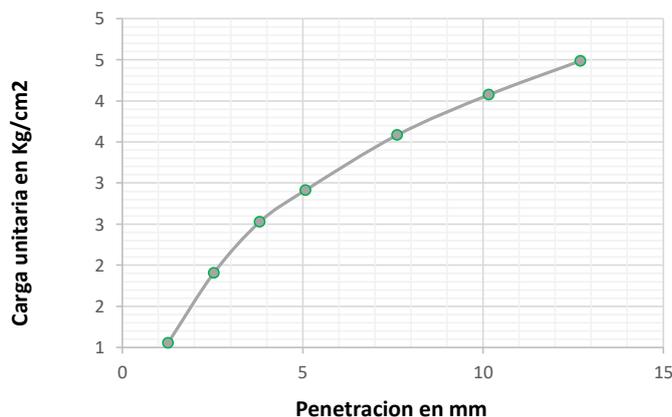
<b>Proyecto:</b>	Estudio de Suelo y estabilizacion del material granular existente con emulsion asfaltica para diseño de pavimento flexible	<b>Muestra # 3:</b>	<b>TERRENO NATURAL</b>	
<b>Tesistas:</b>	Danny Zavala - Cesar Zambrano	<b>Coordenadas</b>	<b>Norte:</b>	9793280
<b>Ubicación:</b>	Via Libertador Bolivar - Sitio Nuevo		<b>Este:</b>	534452

<b>MOLDE Nº-</b>	XIV				
<b>PESO MOLDE</b>	5,87			<b>PESO DEL MARTILLO:</b>	10 Lb
<b>VOLUMEN MOLDE</b>	0,00233816			<b>ALTURA DEL MARTILLO:</b>	18 "
<b>No DE GOLPES CAPA</b>	TN				

<b>NUMERO DE ENSAYO</b>	1	2	3	1	2	3
-------------------------	---	---	---	---	---	---

Tamiz ASTM Abertura /Nº	<b>CARGA DE PENETRACION EN Lb</b>			<b>CARGA DE PENETRACION EN Kg</b>		
1,27 mm (0.05")	45,10			20,5		
2,54 mm (0.10")	81,40			37,0		
3,81 mm (0.15")	107,80			49,0		
5,08 mm (0.20")	124,30			56,5		
7,62 mm (0.30")	152,90			69,5		
10,16 mm (0.40")	173,80			79,0		
12,70 mm (0.50")	191,40			87,0		

Tamiz ASTM Abertura /Nº	<b>CARGA DE PENETRACION EN Lb/pulg<sup>2</sup></b>			<b>CARGA DE PENETRACION EN Kg/cm<sup>2</sup></b>		
1,27 mm (0.05")	15,00			1,057		
<b>2,54 mm (0.10")</b>	<b>27,08</b>			<b>1,908</b>		
3,81 mm (0.15")	35,86			2,526		
<b>5,08 mm (0.20")</b>	<b>41,35</b>			<b>2,913</b>		
7,62 mm (0.30")	50,86			3,583		
10,16 mm (0.40")	57,81			4,073		
12,70 mm (0.50")	63,67			4,486		



Nº de Golpes	Esfuerzo de penetracion	
	0.10 pulg	0.20 pulg
TN	1,91	2,91

C.B.R	%	
TN	2,71	2,76

<b>Laboratorista:</b> Danny Zavala Guanoluisa Cesar Zambrano Vera	<b>Revisado:</b> Ing. Lucrecia Moreno <b>Responsable:</b> Ing. Nelson Alvarez	<b>Fecha de toma de muestra:</b> 4 de Octubre del 2018	<b>Fecha de ensayo:</b> 25 de Octubre del 2018
---	--	---	---

# Anexo C



UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA  
FACULTAD DE CIENCIA DE LA INGENIERIA  
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL



PROYECTO: ESTUDIO DE SUELO Y ESTABILIZACION DEL MATERIAL GRANULAR EXISTENTE CON EMULSION ASFALTICA DE LA VIA LIBERTADOR BOLIVAR - SITIO NUEVO DE LONGITUD= 5KM.

UBICACIÓN : CANTON SANTA ELENA, PROVINCIA DE SANTA ELENA

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: RECONFORMACIÓN Y COMPACTACIÓN DEL MATERIAL GRANULAR EXISTENTE

No. 01.01

UNIDAD

m3

M.- EQUIPO	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta menor 5% (MO)					\$ 0,03
Motoniveladora	1,00	50,00	\$ 50,00	0,014	\$ 0,71
Rodillo liso	2,00	30,00	\$ 60,00	0,038	\$ 2,25
Tanquero	1,00	15,00	\$ 15,00	0,004	\$ 0,06
SUBTOTAL M					\$ 3,05

N.- MANO DE OBRA	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Maestro de obra	1,00	3,93	\$ 3,93	0,005	\$ 0,02
Op. Rodillo	1,00	3,74	\$ 3,74	0,038	\$ 0,14
Chofer licencia tipo E	1,00	5,15	\$ 5,15	0,004	\$ 0,02
Peón	2,00	3,51	\$ 7,02	0,052	\$ 0,36
SUBTOTAL N					\$ 0,54

O.- MATERIALES	UNIDAD	PRECIO UNIT.	CANTIDAD	COSTO
Agua	m3	\$ 1,95	0,010	\$ 0,02
SUBTOTAL O				\$ 0,02

P.- TRANSPORTE	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
SUBTOTAL P				

Q.- COSTO UNITARIO DIRECTO (M+N+O+P) \$ 3,62

R.- INDIRECTOS Y UTILIDADES 25,00% Q \$ 0,90

S.- OTROS INDIRECTOS 0%

T.- COSTO TOTAL DEL RUBRO (Q+R+S) \$ 4,52

U.- COSTO UNITARIO PROPUESTO \$ 4,52



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA**  
**FACULTAD DE CIENCIA DE LA INGENIERIA**  
**CARRERA DE INGENIERIA CIVIL**



**PROYECTO: ESTUDIO DE SUELO Y ESTABILIZACION DEL MATERIAL GRANULAR EXISTENTE CON EMULSION ASFALTICA DE LA VIA LIBERTADOR BOLIVAR - SITIO NUEVO DE LONGITUD= 5KM.**

**UBICACIÓN : CANTON SANTA ELENA, PROVINCIA DE SANTA ELENA**

**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**RUBRO: BASE CLASE I**

**No. 01.02**

<b>UNIDAD</b>	m3
---------------	----

M.- EQUIPO	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta menor 5% (MO)					\$ 0,04
Motoniveladora	1,00	50,00	\$ 50,00	0,007	\$ 0,35
Tanquero	1,00	15,00	\$ 15,00	0,004	\$ 0,06
Rodillo liso	1,00	30,00	\$ 30,00	0,072	\$ 2,16
Equipo de topografía	1,00	5,00	\$ 5,00	0,010	\$ 0,05
<b>SUBTOTAL M</b>					<b>\$ 2,66</b>

N.- MANO DE OBRA	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Topógrafo	1,00	3,93	\$ 3,93	0,010	\$ 0,04
Peón	2,00	3,51	\$ 7,02	0,079	\$ 0,55
Op. Rodillo	1,00	3,74	\$ 3,74	0,072	\$ 0,27
Chofer licencia tipo E	1,00	5,15	5,15	0,004	\$ 0,02
<b>SUBTOTAL N</b>					<b>\$ 0,88</b>

O.- MATERIALES	UNIDAD	PRECIO UNIT.	CANTIDAD	COSTO
Base clase I	m3	\$ 8,50	1,200	\$ 10,20
Agua	m3	\$ 1,95	0,100	\$ 0,20
<b>SUBTOTAL O</b>				<b>\$ 10,40</b>

P.- TRANSPORTE	DTM	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
<b>SUBTOTAL P</b>				

<b>Q.- COSTO UNITARIO DIRECTO (M+N+O+P)</b>	<b>\$ 13,95</b>
<b>R.- INDIRECTOS Y UTILIDADES 25,00% Q</b>	<b>\$ 3,49</b>
<b>S.- OTROS INDIRECTOS 0%</b>	
<b>T.- COSTO TOTAL DEL RUBRO (Q+R+S)</b>	<b>\$ 17,43</b>
<b>U.- COSTO UNITARIO PROPUESTO</b>	<b>\$ 17,43</b>



UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA  
FACULTAD DE CIENCIA DE LA INGENIERIA  
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL



PROYECTO: ESTUDIO DE SUELO Y ESTABILIZACION DEL MATERIAL GRANULAR EXISTENTE CON EMULSION ASFALTICA DE LA VIA LIBERTADOR BOLIVAR - SITIO NUEVO DE LONGITUD= 5KM.

UBICACIÓN : CANTON SANTA ELENA, PROVINCIA DE SANTA ELENA

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: TRANSPORTE DE BASE CLASE I

No. 01.03

UNIDAD m3-km

M.- EQUIPO	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta menor 5% (MO)					
SUBTOTAL M					

N.- MANO DE OBRA	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
SUBTOTAL N					

O.- MATERIALES	UNIDAD	PRECIO UNIT.	CANTIDAD	COSTO
SUBTOTAL O				

P.- TRANSPORTE	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
Transporte de material	m3-km	1,20	0,07	0,08
SUBTOTAL P				\$ 0,08

Q.- COSTO UNITARIO DIRECTO (M+N+O+P)				\$ 0,08
R.- INDIRECTOS Y UTILIDADES		25,00% Q		\$ 0,02
S.- OTROS INDIRECTOS		0%		
T.- COSTO TOTAL DEL RUBRO (Q+R+S)				\$ 0,10
U.- COSTO UNITARIO PROPUESTO				\$ 0,10



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA**  
**FACULTAD DE CIENCIA DE LA INGENIERIA**  
**CARRERA DE INGENIERIA CIVIL**



**PROYECTO: ESTUDIO DE SUELO Y ESTABILIZACION DEL MATERIAL GRANULAR EXISTENTE CON EMULSION ASFALTICA DE LA VIA LIBERTADOR BOLIVAR - SITIO NUEVO DE LONGITUD= 5KM.**

**UBICACIÓN : CANTON SANTA ELENA, PROVINCIA DE SANTA ELENA**

**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**RUBRO: SUB-BASE CLASE III**

**No. 01.04**

**UNIDAD m3**

M.- EQUIPO	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta menor 5% (MO)					\$ 0,03
Motoniveladora	1,00	50,00	\$ 50,00	0,017	\$ 0,85
Tanquero	2,00	15,00	\$ 30,00	0,004	\$ 0,12
Rodillo liso	2,00	30,00	\$ 60,00	0,040	\$ 2,40
Equipo de topografía	1,00	5,00	\$ 5,00	0,010	\$ 0,05
<b>SUBTOTAL M</b>					<b>\$ 3,45</b>
N.- MANO DE OBRA	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Topógrafo	1,00	3,93	\$ 3,93	0,014	\$ 0,06
Peón	2,00	3,51	\$ 7,02	0,057	\$ 0,40
Op. Rodillo	1,00	3,74	\$ 3,74	0,040	\$ 0,15
Chofer licencia tipo E	1,00	5,15	5,15	0,004	\$ 0,02
<b>SUBTOTAL N</b>					<b>\$ 0,63</b>
O.- MATERIALES	UNIDAD	PRECIO UNIT.	CANTIDAD	COSTO	
Sub-Base clase III	m3	\$ 4,72	1,200	\$ 5,66	
Agua	m3	\$ 1,95	0,100	\$ 0,20	
<b>SUBTOTAL O</b>				<b>\$ 5,86</b>	
P.- TRANSPORTE	DTM	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
<b>SUBTOTAL P</b>					
<b>Q.- COSTO UNITARIO DIRECTO (M+N+O+P)</b>				<b>\$ 9,94</b>	
<b>R.- INDIRECTOS Y UTILIDADES 25,00% Q</b>				<b>\$ 2,48</b>	
<b>S.- OTROS INDIRECTOS 0%</b>					
<b>T.- COSTO TOTAL DEL RUBRO (Q+R+S)</b>				<b>\$ 12,42</b>	
<b>U.- COSTO UNITARIO PROPUESTO</b>				<b>\$ 12,42</b>	



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA**  
**FACULTAD DE CIENCIA DE LA INGENIERIA**  
**CARRERA DE INGENIERIA CIVIL**



**PROYECTO: ESTUDIO DE SUELO Y ESTABILIZACION DEL MATERIAL GRANULAR EXISTENTE CON EMULSION ASFALTICA DE LA VIA LIBERTADOR BOLIVAR - SITIO NUEVO DE LONGITUD= 5KM.**

**UBICACIÓN : CANTON SANTA ELENA, PROVINCIA DE SANTA ELENA**

**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**RUBRO: TRANSPORTE DE SUB-BASE CLASE III**

**No. 01.05**

<b>UNIDAD</b>	<b>m3-km</b>
---------------	--------------

M.- EQUIPO	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta menor 5% (MO)					
<b>SUBTOTAL M</b>					

N.- MANO DE OBRA	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
<b>SUBTOTAL N</b>					

O.- MATERIALES	UNIDAD	PRECIO UNIT.	CANTIDAD	COSTO
<b>SUBTOTAL O</b>				

P.- TRANSPORTE	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
Transporte de material	m3-km	1,20	0,104	0,12
<b>SUBTOTAL P</b>				<b>\$ 0,12</b>

<b>Q.- COSTO UNITARIO DIRECTO (M+N+O+P)</b>	<b>\$ 0,12</b>
<b>R.- INDIRECTOS Y UTILIDADES 25,00% Q</b>	<b>\$ 0,03</b>
<b>S.- OTROS INDIRECTOS 0%</b>	
<b>T.- COSTO TOTAL DEL RUBRO (Q+R+S)</b>	<b>\$ 0,15</b>
<b>U.- COSTO UNITARIO PROPUESTO</b>	<b>\$ 0,15</b>



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA**  
**FACULTAD DE CIENCIA DE LA INGENIERIA**  
**CARRERA DE INGENIERIA CIVIL**



**PROYECTO: ESTUDIO DE SUELO Y ESTABILIZACION DEL MATERIAL GRANULAR EXISTENTE CON EMULSION ASFALTICA DE LA VIA LIBERTADOR BOLIVAR - SITIO NUEVO DE LONGUITUD= 5KM.**

**UBICACIÓN : CANTON SANTA ELENA, PROVINCIA DE SANTA ELENA**

**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**RUBRO:** CAPA DE RODADURA DE HORMIGON ASFALTICO MEZCLADO EN PLANTA E= 2". (INC. IMPRIMACIÓN Y TRANSPORTE)

**No.** 01.06

**UNIDAD**

m2

M.- EQUIPO	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta menor 5% (MO)	1,00	2,71	\$ 2,71	0,004	\$ 0,01
Escoba mecánica	1,00	20,00	\$ 20,00	0,004	\$ 0,08
Distribuidor de asfalto	1,00	40,00	\$ 40,00	0,004	\$ 0,16
Acabadora de asfalto	1,00	50,00	\$ 50,00	0,004	\$ 0,20
Rodillo liso	1,00	30,00	\$ 30,00	0,004	\$ 0,12
Rodillo neumatico	1,00	25,00	\$ 25,00	0,004	\$ 0,10
<b>SUBTOTAL M</b>					<b>\$ 0,67</b>

N.- MANO DE OBRA	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Maestro de obra	1,00	3,93	\$ 3,93	0,004	\$ 0,02
Peón	8,00	3,51	\$ 28,08	0,004	\$ 0,11
Op. Rodillo	3,00	3,74	\$ 11,22	0,004	\$ 0,04
Op. distribuidor asfalto	1,00	3,74	\$ 3,74	0,004	\$ 0,01
Op. acabadora asfalto	1,00	3,74	3,74	0,004	\$ 0,01
Engrasador	1,00	3,55	3,55	0,004	\$ 0,01
<b>SUBTOTAL N</b>					<b>\$ 0,22</b>

O.- MATERIALES	UNIDAD	PRECIO UNIT.	CANTIDAD	COSTO
Hormigón Asfáltico	m3	\$ 75,30	0,065	\$ 4,89
RC 250	galon	\$ 1,13	0,360	\$ 0,41
Diesel	galon	\$ 0,90	0,120	\$ 0,11
<b>SUBTOTAL O</b>				<b>\$ 5,41</b>

P.- TRANSPORTE	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
Mezcla asfáltica	m3-km	5,38	0,2	1,08
<b>SUBTOTAL P</b>				<b>\$ 1,08</b>

<b>Q.- COSTO UNITARIO DIRECTO (M+N+O+P)</b>		<b>\$ 7,38</b>
<b>R.- INDIRECTOS Y UTILIDADES 25,00% Q</b>		<b>\$ 1,84</b>
<b>S.- OTROS INDIRECTOS 0%</b>		
<b>T.- COSTO TOTAL DEL RUBRO (Q+R+S)</b>		<b>\$ 9,22</b>
<b>U.- COSTO UNITARIO PROPUESTO</b>		<b>\$ 9,22</b>



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA**  
**FACULTAD DE CIENCIA DE LA INGENIERIA**  
**CARRERA DE INGENIERIA CIVIL**



**PROYECTO: ESTUDIO DE SUELO Y ESTABILIZACION DEL MATERIAL GRANULAR EXISTENTE CON EMULSION ASFALTICA DE LA VIA LIBERTADOR BOLIVAR - SITIO NUEVO DE LONGITUD= 5KM.**

**UBICACIÓN : CANTON SANTA ELENA, PROVINCIA DE SANTA ELENA**

**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**RUBRO:** BASE DE MATERIAL EN SITIO Y ESTABILIZADO CON 5,86% DE EMULSION ASFALTICA TIPO CSS-1h (mezclado y compactación)

**No.** 01.01

<b>UNIDAD</b>	m3
---------------	----

M.- EQUIPO	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta menor 5% (MO)	1,00	1,91	\$ 1,91	0,014	\$ 0,03
Rodillo liso	1,00	30,00	\$ 30,00	0,038	\$ 1,13
Tanquero	1,00	15,00	\$ 15,00	0,004	\$ 0,06
Motoniveladora	1,00	50,00	\$ 50,00	0,014	\$ 0,71
<b>SUBTOTAL M</b>					<b>\$ 1,93</b>

N.- MANO DE OBRA	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Maestro de obra	1,00	3,93	\$ 3,93	0,005	\$ 0,02
Peón	2,00	3,51	\$ 7,02	0,052	\$ 0,36
Op. Rodillo	1,00	3,74	3,74	0,038	\$ 0,14
Chofer licencia tipo E	1,00	5,15	5,15	0,004	\$ 0,02
<b>SUBTOTAL N</b>					<b>\$ 0,54</b>

O.- MATERIALES	UNIDAD	PRECIO UNIT.	CANTIDAD	COSTO
Agua	Litro	\$ 0,001	144,000	\$ 0,14
Emulsion asfaltica tipo CSS-1h	Litro	\$ 0,41	116,000	\$ 47,56
<b>SUBTOTAL O</b>				<b>\$ 47,70</b>

P.- TRANSPORTE	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
<b>SUBTOTAL P</b>				

**Q.- COSTO UNITARIO DIRECTO (M+N+O+P)** **\$ 50,17**

**R.- INDIRECTOS Y UTILIDADES 25,00% Q** **\$ 12,54**

**S.- OTROS INDIRECTOS 0%**

**T.- COSTO TOTAL DEL RUBRO (Q+R+S)** **\$ 62,71**

**U.- COSTO UNITARIO PROPUESTO** **\$ 62,71**

### **Análisis del Costo del material granular existente con Emulsión Asfáltica para m3.**

En base a los resultados anteriores de los ensayos realizados al material granular existente en la vía Libertador Bolívar – Sitio Nuevo, se procede a realizar el calculo de cantidades de emulsión asfáltica y agua faltante en la mezcla.

#### **DATOS BÁSICOS**

<b>Densidad Bulk máxima compactado.</b>		
Material granular existente de la vía Libertador Bolívar – Sitio Nuevo	1976	Kg/m3

Contenido Óptimo de Emulsión	5,86	%
Agua Faltante (Pre-Mezcla)	7,28	%

- Calculo de Emulsión por m3 compactado de Base Estabilizada.

#### **Emulsión Asfáltica en Agregado Compactado.**

*Emulsión Asfáltica* = (Densidad Bulk máxima compactada x Contenido Óptimo de Emulsión)

$$Emulsión Asfáltica = \left(1976 \frac{Kg}{m^3} \times 5,86\%\right) = 116 Kg \text{ de emulsión /m}^3 \text{ Compactado}$$

- Calculo de Agua Faltante (Pre-Mezcla) por m3 compactado de Base Estabilizada.

#### **Agua Faltante en Agregado Compactado.**

*Agua Faltante* = (Densidad Bulk máxima compactada x Agua Faltante (pre mezcla))

$$Agua Faltante = \left(1976 \frac{Kg}{m^3} \times 7,28\%\right) = 144 Kg \text{ de Agua /m}^3 \text{ Compactado}$$



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA**  
**FACULTAD DE CIENCIA DE LA INGENIERIA**  
**CARRERA DE INGENIERIA CIVIL**



**PROYECTO: ESTUDIO DE SUELO Y ESTABILIZACION DEL MATERIAL GRANULAR EXISTENTE CON EMULSION ASFALTICA DE LA VIA LIBERTADOR BOLIVAR - SITIO NUEVO DE LONGITUD= 5KM.**

**UBICACIÓN : CANTON SANTA ELENA, PROVINCIA DE SANTA ELENA**

**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**RUBRO:** CAPA DE RODADURA DE HORMIGON ASFALTICO MEZCLADO EN PLANTA E= 1". (INC. IMPRIMACIÓN Y TRANSPORTE)

**No.** 01.02

<b>UNIDAD</b>	m2
---------------	----

M.- EQUIPO	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta menor 5% (MO)	1,00	2,71	\$ 2,71	0,002	\$ 0,00
Escoba mecánica	1,00	20,00	\$ 20,00	0,002	\$ 0,03
Distribuidor de asfalto	1,00	40,00	\$ 40,00	0,002	\$ 0,07
Finisher	1,00	50,00	\$ 50,00	0,002	\$ 0,09
Rodillo liso	1,00	30,00	\$ 30,00	0,002	\$ 0,05
Rodillo neumatico	1,00	25,00	\$ 25,00	0,002	\$ 0,04
<b>SUBTOTAL M</b>					<b>\$ 0,29</b>

N.- MANO DE OBRA	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Maestro de obra	1,00	3,93	\$ 3,93	0,002	\$ 0,01
Peón	8,00	3,51	\$ 28,08	0,002	\$ 0,05
Op. Rodillo	3,00	3,74	\$ 11,22	0,002	\$ 0,02
Op. distribuidor asfalto	1,00	3,74	\$ 3,74	0,002	\$ 0,01
Op. acabadora asfalto	1,00	3,7	3,74	0,002	\$ 0,01
Engrasador	1,00	3,55	3,55	0,002	\$ 0,01
<b>SUBTOTAL N</b>					<b>\$ 0,09</b>

O.- MATERIALES	UNIDAD	PRECIO UNIT.	CANTIDAD	COSTO
Hormigón Asfáltico	m3	\$ 75,30	0,032	\$ 2,41
RC 250	galon	\$ 1,13	0,350	\$ 0,40
Diesel	galon	\$ 0,90	0,120	\$ 0,11
<b>SUBTOTAL O</b>				<b>\$ 2,92</b>

P.- TRANSPORTE	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
Mezcla asfáltica	m3-km	2,69	0,2	0,54
<b>SUBTOTAL P</b>				<b>\$ 0,54</b>

<b>Q.- COSTO UNITARIO DIRECTO (M+N+O+P)</b>		<b>\$ 3,84</b>
<b>R.- INDIRECTOS Y UTILIDADES</b> 25,00% Q		\$ 0,96
<b>S.- OTROS INDIRECTOS</b> 0%		
<b>T.- COSTO TOTAL DEL RUBRO (Q+R+S)</b>		<b>\$ 4,80</b>
<b>U.- COSTO UNITARIO PROPUESTO</b>		<b>\$ 4,80</b>