



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

**“DISEÑO DE BASE ESTABILIZADA CON ASFALTITA PARA SU
APLICACIÓN EN VÍAS Terciarias DE LA PROVINCIA DE NAPO”**

PROYECTO DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO CIVIL

Presentado por:

MAYRA DE LOURDES MEJÍA RUIZ

HÉCTOR STEVEN MUÑOZ BUESTÁN

GUAYAQUIL-ECUADOR

2018

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de graduación a Jehová por permitirme cumplir una meta más, a mis padres Mayra Ruiz Piloso y César Mejía Navarrete por su apoyo incondicional a pesar de las adversidades que se pudieran presentar, a mi familia por ser esa voz de aliento a cada momento, a mis amigos por acompañarme a lo largo de la carrera y a aquellas personas que hicieron fortalecer mi carácter, aportando momentos inolvidables.

Mayra de Lourdes Mejía Ruiz.

DEDICATORIA

A Dios y a mi madre, María Azucena Buestán Fernández, que ha luchado incansablemente por darme lo mejor y por apoyarme en cada momento, ya que gracias a ella he logrado cumplir mi más grande sueño y por ella seguiré superándome. A todos mis amigos con los cuales he pasado momentos agradables de diversión, estudio y tantos buenos recuerdos. Y finalmente, a todos aquellos estudiantes con los cuales tuve el honor de ser su ayudante académico en distintas materias, ya que gracias a ello he aprendido a servir a los demás sin esperar nada a cambio.

Héctor Steven Muñoz Buestán.

AGRADECIMIENTO

A la Ing. Carola Gordillo por su apoyo incondicional y por su gran aporte para la realización de este trabajo investigativo. A los señores Napoleón Aulestia y Julio Lavanda, laboratoristas de Hidalgo e Hidalgo, quienes nos guiaron y dieron el soporte técnico, necesario para la correcta ejecución de los ensayos realizados en este proyecto. Y finalmente, a nuestros profesores de la Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra, que han compartido sus experiencias y conocimientos, para nuestra formación profesional.

Mayra de Lourdes Mejía Ruiz.

Héctor Steven Muñoz Buestán.

TRIBUNAL DEL PROYECTO

**Ph.D. Hugo Egüez Alava
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

**Ph.D. Miguel Ángel Chávez
DIRECTOR DE MATERIA INTEGRADORA**

**M.Sc. Carola Gordillo Vera
MIEMBRO EVALUADOR**

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de este Proyecto de Grado, nos corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma, a la Escuela Superior Politécnica del Litoral”

(Reglamento de Exámenes y Títulos Profesionales de la ESPOL)

Srta. Mayra de Lourdes Mejía Ruiz.

Sr. Héctor Steven Muñoz Buestán.

RESUMEN

En el presente documento se propone el diseño de una base estabilizada con asfaltita para su aplicación en vías de tercer orden de la provincia de Napo. La asfaltita es un material compuesto por arenas bituminosas las cuales tienen propiedades que, al mezclarse con materiales granulares de baja calidad, permiten el mejoramiento de vías terciarias del país; es decir, con este material se puede mejorar la infraestructura de las redes viales provinciales y cantonales, generando así mayores oportunidades y beneficios económicos para las zonas productivas. En países como Colombia y Canadá, este material es ampliamente aprovechado mientras que en nuestro país es un recurso inexplorado. Existen yacimientos probados de estas arenas bituminosas, que se encuentran localizadas en el Campo Pungarayacu de la provincia de Napo. En este documento se presentarán los ensayos realizados para conocer la adecuada dosificación de asfaltita con material granular de una cantera local, con el objetivo de que este diseño sirva de base para la ejecución de proyectos de mejoramiento vial en la provincia de Napo. Además, podrá servir como guía para futuros trabajos investigativos que contribuyan al desarrollo de nuevas metodologías para la estabilización de materiales granulares de distinta calidad.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	IV
TRIBUNAL DEL PROYECTO	V
DECLARACIÓN EXPRESA	VI
RESUMEN	VII
ÍNDICE GENERAL.....	VIII
ABREVIATURAS	XV
SIMBOLOGÍA	XVI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XVIII
ÍNDICE DE TABLAS	XXII
CAPÍTULO 1.....	26
INTRODUCCIÓN	26
1.1 Planteamiento del problema.....	27
1.2 Justificación.....	29
1.3 Objetivos.....	30
1.3.1 Objetivo General.....	30
1.3.2 Objetivos Específicos.....	30

CAPÍTULO 2.....	32
DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	32
2.1 Localización.....	33
2.2 Descripción del Campo Pungarayacu.....	34
2.3 Topografía y estratigrafía de la zona.	35
2.3.1 Formación Hollín.	37
2.3.1.1 Hollín Inferior.	37
2.3.1.2 Hollín Medio.....	37
2.3.1.3 Hollín Superior.....	37
CAPÍTULO 3.....	38
METODOLOGÍA.....	38
3.1 Pavimentos.....	39
3.1.1 Funciones principales de los pavimentos.	41
3.1.2 Características de un pavimento.	42
3.1.3 Tipos de pavimento.	43
3.1.3.1 Pavimento Flexible.	44
3.1.3.2 Pavimento Rígido.	46
3.1.4 Componentes principales de un pavimento.....	47
3.1.4.1 Subrasante.	48
3.1.4.2 Sub-base.	49

3.1.4.3	Base.	51
3.1.4.3.1	Base estabilizada.	52
3.1.4.4	Capa de rodadura.	52
3.2	Sistema Vial.	54
3.2.1	Clasificación del Sistema Vial en el Ecuador.	54
3.2.1.1	Por su diseño.	54
3.2.1.2	Por su funcionalidad.	55
3.2.1.3	Por su dominio.	55
3.2.1.4	Por su uso.	56
3.2.1.5	Por su jurisdicción y competencia.	56
3.2.2	Estado actual del Sistema Vial en el Ecuador.	60
3.2.2.1	Red Vial Estatal.	60
3.2.2.2	Red Vial Provincial.	61
3.2.2.3	Red Vial Municipal.	63
3.2.3	Demanda actual del Sistema Vial del Ecuador.	64
3.2.4	Vialidad en la Provincia de Napo.	65
3.3	Arenas bituminosas.	67
3.3.1	Arenas bituminosas en el Ecuador.	68
3.3.1.1	Arenas bituminosas del Campo Pungarayacu.	69
3.3.1.2	Arenas bituminosas de la Península de Santa Elena.	70

3.4	Estabilización de suelos.	72
3.4.1	Tipos de estabilización.	74
3.4.1.1	Estabilización mecánica.	74
3.4.1.2	Estabilización con aditivos.	74
3.5	Materiales empleados para la estabilización.	75
3.5.1	Agregados finos y gruesos.	75
3.5.2	Asfaltita.	76
3.6	Ensayos realizados.	77
3.6.1	Granulometría de Agregados Finos y Gruesos (ASTM C-136). ...	77
3.6.1.1	Alcance.	77
3.6.1.2	Resumen del método de ensayo.	77
3.6.1.3	Instrumentos.	78
3.6.1.4	Muestreo.	78
3.6.1.5	Procedimiento.	79
3.6.1.6	Cálculos.	82
3.6.2	Granulometría de Agregados Finos por lavado (ASTM C-117). ...	83
3.6.2.1	Alcance.	83
3.6.2.2	Resumen del método de ensayo.	84
3.6.2.3	Instrumentos.	84
3.6.2.4	Muestreo.	85

3.6.2.5	Procedimiento.....	85
3.6.2.6	Cálculos.....	87
3.6.3	Proctor Modificado (ASTM D-1557).....	87
3.6.3.1	Alcance.....	87
3.6.3.2	Resumen del método de ensayo.....	89
3.6.3.3	Instrumentos.....	90
3.6.3.4	Muestreo.....	91
3.6.3.5	Procedimiento.....	92
3.6.3.6	Cálculos.....	94
3.6.4	CBR - Valor soporte de suelos compactados (ASTM D-1883).....	95
3.6.4.1	Alcance.....	95
3.6.4.2	Resumen del método de ensayo.....	95
3.6.4.3	Instrumentos.....	96
3.6.4.4	Muestreo.....	99
3.6.4.5	Procedimiento.....	99
3.6.4.6	Cálculos.....	102
CAPÍTULO 4.....		103
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL		103
4.1	Descripción del proyecto.....	104

4.2	Determinación del área de influencia.....	105
4.2.1	Área de influencia directa.	106
4.2.2	Área de influencia indirecta.	107
4.3	Identificación de aspectos e impactos ambientales.	107
4.3.1	Impactos en la flora.	109
4.3.2	Impactos en la fauna.	110
4.3.3	Impactos en el paisaje.	110
4.3.4	Impactos en la calidad del aire.	110
4.3.5	Impactos en la calidad del suelo.....	111
4.3.6	Impactos socioeconómicos.....	111
4.4	Valoración y evaluación de aspectos ambientales.	111
4.5	Valoración y evaluación de impactos ambientales.	114
4.6	Conclusiones.	120
CAPÍTULO 5.....		121
ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS		121
5.1	Granulometría.....	122
5.2	Proctor Modificado.....	123
5.3	CBR – Valor soporte del suelo.	127
5.4	Resistencia a la compresión simple.	132
CAPÍTULO 6.....		143
PRESUPUESTO		143

CAPÍTULO 7.....	146
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	146
CONCLUSIONES	147
RECOMENDACIONES.....	149
ANEXOS	
BIBLIOGRAFÍA	

ABREVIATURAS

AASHTO: American Association of State Highway and Transportation Officials

ASTM: American Society for Testing and Materials

BCE: Banco Central del Ecuador

CBR: California Bearing Ratio (Valor de Soporte del Suelo)

COOTAD: Código Orgánico de Ordenamiento Territorial, Autonomía y Descentralización

DTSB: Doble Tratamiento Superficial Bituminoso

GAD: Gobierno Autónomo Descentralizado

MTOP: Ministerio de Transporte y Obras Públicas

PIB: Producto Interno Bruto

PDOT: Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial

RVE: Red Vial Estatal

RVM: Red Vial Municipal

RVP: Red Vial Provincial

TMA: Tamaño Máximo de Agregado

SIMBOLOGÍA

°C	Grados centígrados
%	Porcentaje
\$	Dólares
lb	Libra
g	Gramo
kg	Kilogramo
pulg	Pulgada
pulg ²	Pulgada cuadrada
ft	Pie
ft ³	Pie cúbico
µm	Micrómetro (micra)
mm	Milímetro
cm	Centímetro
cm ³	Centímetro cúbico

m	Metro
m ²	Metro cuadrado
m ³	Metro cúbico
km	Kilómetro
km ²	Kilómetro cuadrado
N	Newton
kg/cm ²	Kilogramo por centímetro cuadrado
kg/m ³	Kilogramo por metro cúbico
kN-m/m ³	Kilonewton-metro por metro cúbico
lb/pulg ²	Libra por pulgada cuadrada
ft-lbf/ft ³	Libra-pie por pie cúbico
mm/min	Milímetro por minuto
golpes/min	Golpes por minuto

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Ubicación geográfica del Campo Pungarayacu.	34
Figura 2.2 Columna estratigráfica generalizada del Campo Pungarayacu. .	36
Figura 3.1 Ilustración de un pavimento flexible.	39
Figura 3.2 Ilustración de un pavimento rígido.	40
Figura 3.3 Transmisión de cargas según el tipo de pavimento.	43
Figura 3.4 Estructura de un pavimento flexible.	44
Figura 3.5 Transmisión de cargas en un pavimento flexible.	45
Figura 3.6 Estructura de un pavimento rígido.	46
Figura 3.7 Transmisión de cargas en un pavimento rígido.	47
Figura 3.8 Escudo de identificación de una vía colectora.	58
Figura 3.9 Mapa de la Red Vial Provincial de Napo.....	65
Figura 3.10 Afloramiento de asfaltitas en el Campo Pungarayacu.....	69
Figura 3.11 Afloramiento de asfaltitas en el Campo Santa Paula.	71
Figura 3.12 Muestra de agregados obtenida del Campo Pungarayacu.	75
Figura 3.13 Muestra de asfaltita obtenida del Campo Pungarayacu.....	76
Figura 3.14 Cilindro con material granular para ensayo Proctor Modificado.	89
Figura 3.15 Cilindros con material granular para ensayo CBR.	95
Figura 3.16 Aplicación de carga a cilindro para ensayo CBR.	102
Figura 4.1 Vía Archidona – Porotoyacu - Ardillaurcu.	104
Figura 4.2 Trazado de la vía propuesta.	106
Figura 4.3 Franja del área de influencia indirecta.	107

Figura 5.1 Curva granulométrica de la muestra de agregados.	122
Figura 5.2 Curva de compactación de material de base granular.	125
Figura 5.3 Curva de compactación de material de base más asfaltita 10%.	125
Figura 5.4 Curva de compactación de material de base más asfaltita 15%.	126
Figura 5.5 Curva de compactación de material de base más asfaltita 20%.	127
Figura 5.6 Relación densidad seca vs valor CBR de base granular.	128
Figura 5.7 Relación densidad seca vs valor CBR de base granular más asfaltita 10%	130
Figura 5.8 Relación densidad seca vs valor CBR de base granular más asfaltita 15%	131
Figura 5.9 Relación densidad seca vs valor CBR de base granular más asfaltita 20%	132
Figura 5.10 Curva de Resistencia vs Deformación de base granular al primer día.	134
Figura 5.11 Curva de Resistencia vs Deformación de base granular al séptimo día.	135
Figura 5.12 Curva de Resistencia vs Deformación de base granular más asfaltita 10% al primer día.	137

Figura 5.13 Curva de Resistencia vs Deformación de base granular más asfaltita 10% al séptimo día.	138
Figura 5.14 Curva de Resistencia vs Deformación de base granular más asfaltita 15% al primer día.	139
Figura 5.15 Curva de Resistencia vs Deformación de base granular más asfaltita 15% al séptimo día.	140
Figura 5.16 Curva de Resistencia vs Deformación de base granular más asfaltita 20% al primer día.	141
Figura 5.17 Curva de Resistencia vs Deformación de base granular más asfaltita 20% al séptimo día.	142

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I. Coordenadas UTM y Geográficas del Campo Pungarayacu.....	33
Tabla II. Corredores Arteriales del Ecuador.	57
Tabla III. Red Vial Provincial.....	58
Tabla IV. Red Vial Estatal por estado de las vías.....	60
Tabla V. Red Vial Estatal por tipo de capa de rodadura.....	60
Tabla VI. Red Vial Provincial por estado de las vías.	62
Tabla VII. Red Vial Provincial por tipo de capa de rodadura.	62
Tabla VIII. Red Vial Municipal por estado de las vías.....	63
Tabla IX. Red Vial Municipal por tipo de capa de rodadura.....	64
Tabla X. Demanda actual del Sistema Vial del Ecuador.	65
Tabla XI. Red Vial Provincial de Napo por tipo de capa de rodadura.....	66
Tabla XII. Distribución de la Red Vial Provincial de Napo.	66
Tabla XIII. Inversión estimada al 2018, en vialidad para la Provincia de Napo.	67
Tabla XIV. Reservas estimadas de asfaltita en la Península de Santa Elena.	72
Tabla XV. Peso mínimo de la muestra de ensayo para agregados gruesos.	78
Tabla XVI. Peso mínimo de la muestra de ensayo para agregados finos. ...	85
Tabla XVII. Métodos alternativos del ensayo de compactación.	88

Tabla XVIII. Cantidades de muestras utilizadas para el ensayo de compactación.....	92
Tabla XIX. Población y producción de comunidades.....	105
Tabla XX. Matriz de aspectos e impactos ambientales.	108
Tabla XXI. Criterios de magnitud.....	112
Tabla XXII. Criterios de peligrosidad.	112
Tabla XXIII. Matriz de evaluación de aspectos ambientales.	114
Tabla XXIV. Criterios de importancia.....	115
Tabla XXV. Nivel de significancia del impacto.....	117
Tabla XXVI. Matriz de evaluación por magnitud de impactos.	118
Tabla XXVII. Matriz de evaluación por importancia de impactos.....	119
Tabla XXVIII. Matriz de evaluación de impactos ambientales.	120
Tabla XXIX. Límites granulométricos de Base Clase 1.	123
Tabla XXX. Tabla comparativa de Humedad óptima – Densidad máxima.	124
Tabla XXXI. Valor CBR para muestras de base granular.....	128
Tabla XXXII. Valor CBR para muestras de base granular más asfaltita 10%	129
Tabla XXXIII. Valor CBR para muestras de base granular más asfaltita 15%	130
Tabla XXXIV. Valor CBR para muestras de base granular más asfaltita 20%	131

Tabla XXXV. Porcentajes de humedad y densidad húmeda de cada espécimen de base granular.....	133
Tabla XXXVI. Promedio de resistencia entre las tres probetas de base granular al primer día.....	134
Tabla XXXVII. Promedio de resistencia entre las tres probetas de base granular al séptimo día.	135
Tabla XXXVIII. Porcentajes de humedad y densidad húmeda de cada espécimen de base granular más asfaltita 10%.....	136
Tabla XXXIX. Promedio de resistencia entre las tres probetas de base granular más asfaltita 10% al primer día.....	136
Tabla XL. Promedio de resistencia entre las tres probetas de base granular más asfaltita 10% al séptimo día	136
Tabla XLI. Porcentajes de humedad y densidad húmeda de cada espécimen de base granular más asfaltita 15%.....	138
Tabla XLII. Promedio de resistencia entre las tres probetas de base granular más asfaltita 15% al primer día.....	139
Tabla XLIII. Promedio de resistencia entre las tres probetas de base granular más asfaltita 15% al séptimo día.	139
Tabla XLIV. Porcentajes de humedad y densidad húmeda de cada espécimen de base granular más asfaltita 20%.....	140
Tabla XLV. Promedio de resistencia entre las tres probetas de base granular más asfaltita 20% al primer día.....	141

Tabla XLVI. Promedio de resistencia entre las tres probetas de base granular más asfaltita 20% al séptimo día.	141
Tabla XLVII. Tabla de cantidades y precio total de la obra.	145

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1 Planteamiento del problema.

El Ecuador vivió una época en la que la infraestructura vial estatal mejoró radicalmente durante estos últimos diez años con la denominada “Revolución Vial” impulsada por el Gobierno Nacional, el cual vio la necesidad de comunicar e integrar al país con vías de primer orden que promuevan el desarrollo social y económico de manera sostenible. Sin embargo, existe la necesidad de hacer efectiva la conectividad entre las zonas de consumo y producción; es decir, mejorar la infraestructura de las redes viales provinciales y cantonales, generando así mayores oportunidades y beneficios económicos para estas zonas.

Según el Macro Programa “Construyendo Caminos”, el 64% de la red vial provincial (42.002,47 km) y el 16,57% de la red vial municipal (2.249,15 km) se encuentran en estado regular y malo. Además, el 82,18% de la RVP (54.178,86 km) y el 21,38% de la RVM (2.901,54 km) cuenta con lastrado o sub-base como capa de rodadura. Ante esta situación, existe la necesidad de financiamiento e inversión para la construcción, mejoramiento, rehabilitación y mantenimiento de estas redes viales; además se puede promover la ejecución de nuevas alternativas con materiales que garanticen durabilidad, resistencia, bajo costo y gran disponibilidad.

En esta búsqueda de materiales alternativos, es importante que exista una gran disponibilidad en el país, para así poder llevar a cabo su explotación considerando técnicas extractivistas que utilicen tecnología limpia y generando el menor impacto ambiental posible. La asphaltita (asfalto natural) es un material que puede llegar a cumplir estas condiciones.

En las provincias de Santa Elena y Napo existen yacimientos de asphaltita producto de la explotación de hidrocarburos y de la exudación de los mismos en capas de suelos superficiales. En el país no existen muchos estudios relacionados sobre el uso de este material como alternativa para el mejoramiento de caminos y vías terciarias; tampoco existe el interés por parte de los gobiernos autónomos cercanos, en explotar y aprovechar este recurso natural, no renovable, quizás porque no se han realizado investigaciones sobre las propiedades mecánicas y los beneficios económicos que puede traer consigo su aprovechamiento.

Por todo lo expuesto anteriormente, es necesario investigar y ampliar el conocimiento que se tiene sobre el uso y aprovechamiento de la asphaltita como material alternativo para caminos y vías terciarias. Para lo cual se deben realizar diversos ensayos para analizar, comprobar y comparar las propiedades físicas y mecánicas de este material frente a una mezcla asfáltica convencional o bases y sub-bases estabilizadas.

Finalmente, se podrá identificar los beneficios técnicos y socio-económicos del uso de asfaltita como alternativa para el mejoramiento de vías terciarias, y a su vez se podrá incentivar a que los GAD's, con yacimientos de este material, puedan aprovecharlo para mejorar su red vial provincial y/o municipal.

1.2 Justificación.

El sector de la construcción en el Ecuador incide en la economía del país, ya que, según datos del BCE hasta el 2016, este sector representó el 9,12% del PIB. Hay que recalcar que durante los últimos 10 años, la infraestructura vial ha recibido una importante inversión por parte del gobierno central. Según datos del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO), de enero del 2007 hasta octubre del 2016, se han destinado \$9.368 millones para la construcción, mejoramiento y rehabilitación de vías a nivel nacional. Pese a esto, aún existe infraestructura vial en condiciones regulares y malas, sobre todo en las RVP's y RVM's; por lo tanto, es necesario seguir invirtiendo en la vialidad del país para mejorar las vías existentes y mantenerlas en buen estado.

Por lo tanto, es muy importante llevar a cabo este trabajo investigativo para promover el uso de asfaltita en la red vial de tercer orden del país, enfocándonos en la RVP del Napo como plan piloto, ya que se puede aprovechar los yacimientos de asfaltita existentes en esta provincia. La

propuesta consiste en el diseño de una base estabilizada con asfaltita y el análisis de precios unitarios para un kilómetro de vía estabilizada, realizando la comparación frente a una vía sin estabilización de su base granular.

Es importante señalar que en la actualidad la asfaltita es utilizada por el GAD de Santa Elena y Napo para mejoramiento vial, pero sin la adecuada dosificación y tampoco cuentan con estudios previos en donde se comprueben sus beneficios y resultados.

1.3 Objetivos.

1.3.1 Objetivo General.

Diseñar una base estabilizada con material asfaltita para su uso en caminos y vías terciarias de la Provincia de Napo.

1.3.2 Objetivos Específicos.

- Identificar los yacimientos del material denominado asfaltita en la Provincia de Napo, para su uso y aprovechamiento.
- Comparar los valores de resistencia, densidad máxima y humedad óptima de la base estabilizada con asfaltita frente a una base convencional y diferentes bases estabilizadas.
- Establecer la dosificación adecuada para el diseño de la base estabilizada con asfaltita.

- Realizar el análisis de precios unitarios, para la ejecución de un plan piloto de estabilización con asfaltita en una determinada vía de la provincia de Napo.
- Determinar los aspectos e impactos ambientales que conlleva la implementación del material asfaltita, en la estabilización de suelos, para rehabilitación y mantenimiento de caminos y vías terciarias en la Provincia de Napo.

CAPÍTULO 2

DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

2.1 Localización.

Geográficamente, el área de trabajo es en el Campo Pungarayacu que comprende un área de 647 km² en la Cuenca del Amazonas, Provincia de Napo, Ecuador.

Se sitúa entre la cordillera de los Huacamayos y Puerto Napo, en el lado este de la cordillera oriental, ubicado aproximadamente a 20 km de la ciudad de Tena, Provincia de Napo. En la zona norte del campo existe un afloramiento superficial de arenas bituminosas, abarcando una importante área. Sus coordenadas se presentan en la siguiente tabla:

Tabla I. Coordenadas UTM y Geográficas del Campo Pungarayacu.

COORDENADAS			
GEOGRÁFICAS		UTM	
Latitud	Longitud	Coordenada Este	Coordenada Norte
0°40'00"	77°52'0.6"	180880.63 m E	9926220.32 m S

Fuente: Chiriboga, J., 2003.

La principal ruta de acceso, que enlaza el área de estudio con la capital, es la vía Quito – Baeza – Tena con una longitud aproximada de 200 km; además, la Troncal Amazónica atraviesa el campo de norte a sur, enlazando la vía Quito – Baeza – Tena con la vía Hollín – Loreto – Coca que atraviesa el campo de oeste a este.

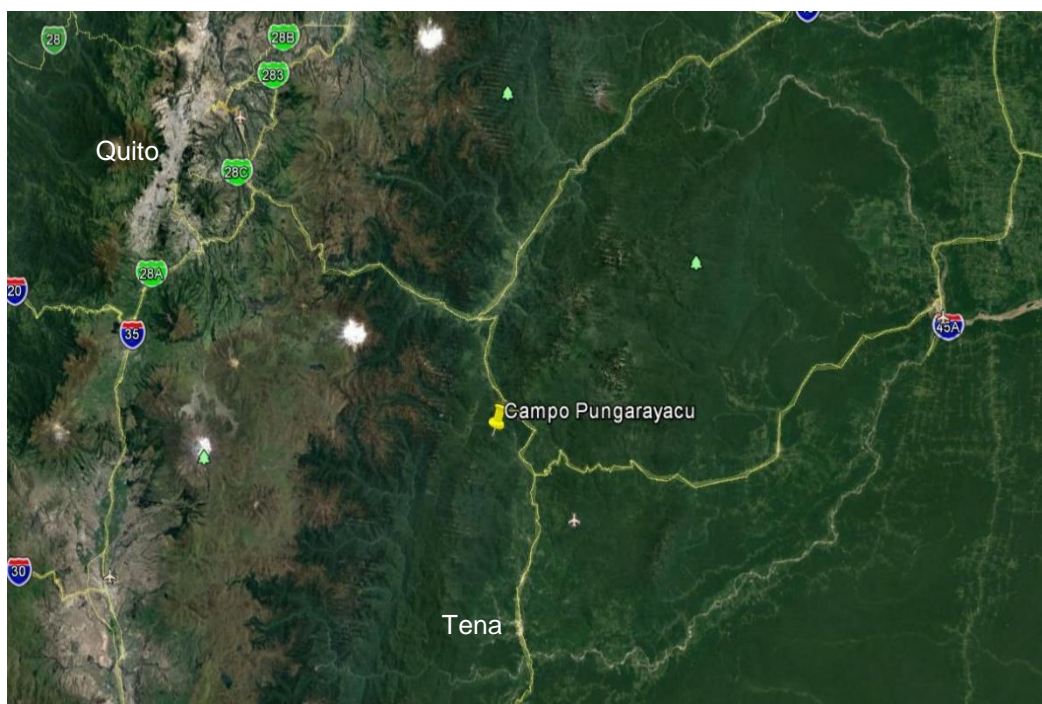


Figura 2.1 Ubicación geográfica del Campo Pungarayacu.
Fuente: Google Earth Pro, 2018.

Hace algunos años, el MTOP realizó una serie de ensayos de laboratorio con las asfaltitas del Campo Pungarayacu, para lo cual se construyó, de manera antitécnica, una pequeña cantera ubicada en el kilómetro 10 de la carretera Hollín – Loreto – Coca, de donde se explotaba el material para implementarlo en las vías de la zona. Actualmente, la cantera está abandonada pero aún existen afloramientos de asfaltitas.

2.2 Descripción del Campo Pungarayacu.

Este campo contiene la mayor reserva de crudo pesado de la cuenca Oriente. El nombre del campo se debe a uno de los ríos que lo atraviesan y cuyo significado en lengua quechua es río “yacu” de brea “pungara”, el

color negro de sus escarpados cantos en las que aflora la formación Hollín de areniscas bituminosas, posiblemente le otorga al río el nombre de dicha formación. (Baby, Rivadeneira, & Barragán, 2004)

Estructuralmente es caracterizado por ser un anticlinal fallado cuyo eje buza en dirección Sur – Suroeste; y cambia gradualmente hacia el Oeste a un sinclinal marginal hacia el Oeste con eje paralelo a la Cordillera de los Andes y que por sus particularidades ha permitido el entrapamiento del crudo. (Andrango & Castro, 2009)

En el Campo Pungarayacu se encuentra la zona de afloramiento más superficial del yacimiento de asphaltitas abarcando aproximadamente 100 km².

2.3 Topografía y estratigrafía de la zona.

En la zona norte del Campo Pungarayacu, el relieve tiene una variedad de condiciones topográficas, mostrando profundos cañones, principalmente por donde corre la red de drenaje de los ríos Chontayacu y Jondachi.

La altitud varía entre 1100 m.s.n.m., al Suroeste, hasta 1400 m.s.n.m., hacia el Noreste del área estudiada. El reservorio principal es la formación Hollín y los yacimientos secundarios se encuentran en la formación Napo.

EDAD	FORMACIÓN	DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA
TERCIARIO	MESA	Terrazas de arcilla y arenisca tufácea
	CHAMBIRA	Arcillas, areniscas
	ARANJUNO	Conglomerados
	CHALCANA	Arcillas, arenisca pequeña
	ORTEGUASA	Shales de color marrón, arenisca pequeña
	TIYUYACU	Arcillas rojas, verdes, moradas, arenisca y conglomerados
CRETÁCICO	TENA	Arcilla roja y areniscas
	M-1	Arenisca cuarzosa blanca, permeable
	NAPO	"A" Arenisca "U" Caliza "B" Arenisca "T" Caliza
	HOLLIN	Arenisca blanca cuarzosa
JURÁSICO	MISAHUALLI	Flujos de lava, brechas, "camas rojas", arcilla y arenisca, pocos conglomerados
	CHAPIZA	
	SANTIAGO	Calizas y esquistos bituminosos, arenisca limitada
PALEOZOICO	MACUMA	Caliza, lutita, dolomitas, arenisca
	PUMBUIZA	Lutita gris-oscura
PC	BASAMENTO	Esquisto, granito

Figura 2.2 Columna estratigráfica generalizada del Campo Pungarayacu.

Fuente: Halliburton, 2011.

En la figura 2.2 se puede observar la columna estratigráfica de la zona del Campo Pungarayacu. La estratigrafía, dentro del periodo cretácico, está compuesta por las formaciones: Tena, M-1, Napo y Hollín.

A continuación se describirán las características de la formación Hollín, ya que es de gran interés para el presente trabajo investigativo.

2.3.1 Formación Hollín.

Presenta intercalaciones de lutitas negras y areniscas glauconita en la parte superior y posee espesores bastante uniformes, entre 80 y 240 metros. A su vez, ésta formación se encuentra constituida por tres miembros que son:

2.3.1.1 Hollín Inferior.

Está constituida por areniscas conglomeráticas a conglomerados y se caracteriza por tener una mejor calidad de crudo en el reservorio, con buena continuidad tanto vertical como lateral.

2.3.1.2 Hollín Medio.

Se diferencia del miembro Hollín Inferior por el predominio de sedimentos arcillosos y limosos y por la discontinuidad lateral y vertical de los cuerpos arenosos con calidad de reservorios.

2.3.1.3 Hollín Superior.

Es el miembro mejor definido en toda la cuenca Oriente, ya que marca claramente la transgresión marina que cubre el sistema fluvial Hollín, con la deposición de areniscas glauconíticas con matriz calcárea, con pobre calidad de reservorio, encontrándose además lutitas negras y gris oscuras marino-someras (Rivadeneira & Ruilova, 2008).

CAPÍTULO 3

METODOLOGÍA

3.1 Pavimentos.

El pavimento está constituido por varias capas superpuestas en forma horizontal, diseñado y bajo un modelo de construcción, considerando materiales apropiados y adecuadamente compactados. Con el fin de obtener una buena interacción de los estratos, se apoya sobre la subrasante formado por el resultado del movimiento de tierra en la fase preliminar; y de este modo se logra resistir adecuadamente los esfuerzos causados por las cargas repetidas de tránsito transmitidas durante el periodo de diseño del pavimento. (Montejo, 2002)



Figura 3.1 Ilustración de un pavimento flexible.

Fuente: Nações Unidas no Brasil, 2016.

La finalidad de un pavimento es el de proporcionar una superficie de rodadura que permita un flujo vehicular en condiciones de seguridad y

confort, a velocidades de operación aceptable y bajo cualquier condición climática.



Figura 3.2 Ilustración de un pavimento rígido.
Fuente: ArchDaily Colombia, 2018.

En un camino no pavimentado, las condiciones de funcionamiento son precarias, lo que genera limitaciones en las velocidades y las cargas de los vehículos, también se elevan los costos operacionales (mantenimiento y combustible).

La utilización de un camino de tierra depende de las condiciones climáticas y de un drenaje satisfactorio. En un camino con revestimiento primario (cascajo o un suelo pedregoso arenoso), las condiciones climáticas pueden ser menos importantes, pero si un drenaje eficaz. (Universidad Mayor de San Simón, 2014)

3.1.1 Funciones principales de los pavimentos.

- Resistir las cargas de tránsito previstas a lo largo del periodo de diseño, distribuyendo las presiones verticales, producidas por dichas cargas, de tal modo que sólo una mínima cantidad de dichas cargas alcance la subrasante y que ésta sea capaz de soportarlas;
- La textura superficial (superficie de rodadura) debe funcionar de manera segura, cómoda y que conserve sus características de forma permanente, bajo la acción de las cargas repetidas del tránsito a lo largo del periodo de diseño establecido;
- Capacidad para resistir diversos factores ambientales y climáticos de la zona en la cual se encuentra; factores como la temperatura y el agua son de gran consideración ya que estos influyen de manera significativa en el comportamiento de los materiales que constituyen las diferentes capas del pavimento; y,
- Debe mostrar una continuidad superficial, ya sea transversal o longitudinal, que brinde comodidad o confort al conductor y los pasajeros, dependiendo de las longitudes de onda de las deformaciones y velocidades de circulación y operación.

3.1.2 Características de un pavimento.

Un pavimento debe contar con características estructurales y funcionales; en donde las estructurales son aquellas que permiten la operación, conservación y mantenimiento de los pavimentos, mientras que las funcionales corresponden a la capa de rodadura que afecta directamente al usuario de la vía.

Respecto a las características estructurales, éstas se relacionan con las propiedades mecánicas de los materiales usados para la estructura del pavimento. Estas características definen los espesores de capas cuyo análisis mecánico determina los efectos que se producen por estados de esfuerzos y deformaciones. Además, cabe indicar que la vida útil de un pavimento depende principalmente de sus características estructurales.

Entre las características funcionales de un pavimento podemos mencionar las siguientes:

- Resistencia a la fatiga;
- Resistencia a derrapes, la cual se obtiene con una adecuada textura en la capa de rodadura y dicha textura se debe adaptar a la velocidad de circulación;
- Resistencia a agentes externos que se coloquen sobre la estructura;

- Regularidad longitudinal y transversal;
- Drenaje adecuado y rápido; y,
- Propiedades de reflexión luminosa, importante para el tránsito nocturno.

3.1.3 Tipos de pavimento.

De manera general, existen dos tipos de pavimento: flexibles y rígidos. La transmisión de cargas a la fundación depende del tipo de pavimento tal y como se muestra a continuación:

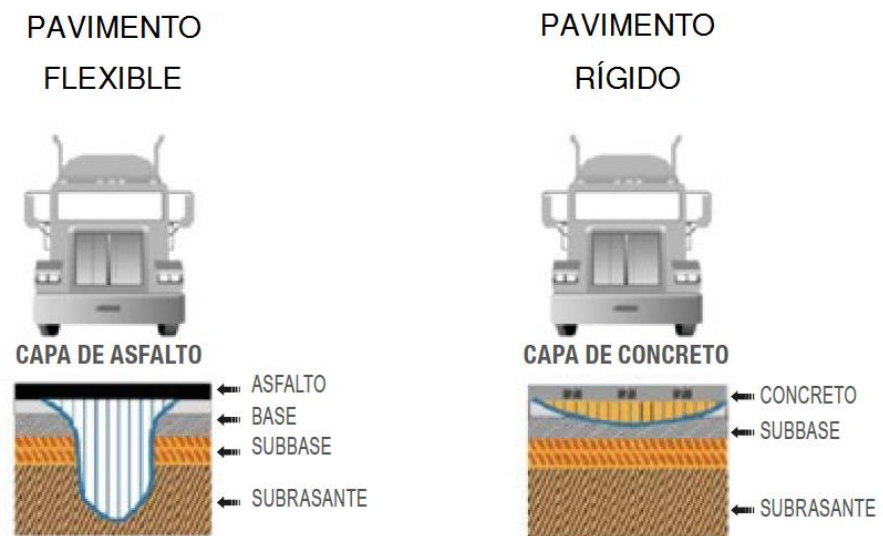


Figura 3.3 Transmisión de cargas según el tipo de pavimento.

Fuente: Unión de Concreteras S.A., 2013.

3.1.3.1 Pavimento Flexible.

Se caracterizan por ser sistemas multicapa con las capas de mejor calidad cerca de la superficie donde las tensiones son mayores. La capa superior es de concreto asfáltico. Un pavimento flexible trabaja distribuyendo la carga hasta que llegue a un nivel aceptable para la subrasante. Por debajo de la capa de concreto asfáltico se coloca una base que puede ser de piedra partida, grava bien graduada o materiales estabilizados (con cemento, cal o asfalto). Por debajo de esta base se coloca una capa de menor calidad denominada sub-base (Instituto Boliviano del Cemento y el Hormigón, 2010) (Ver Figura 3.4).

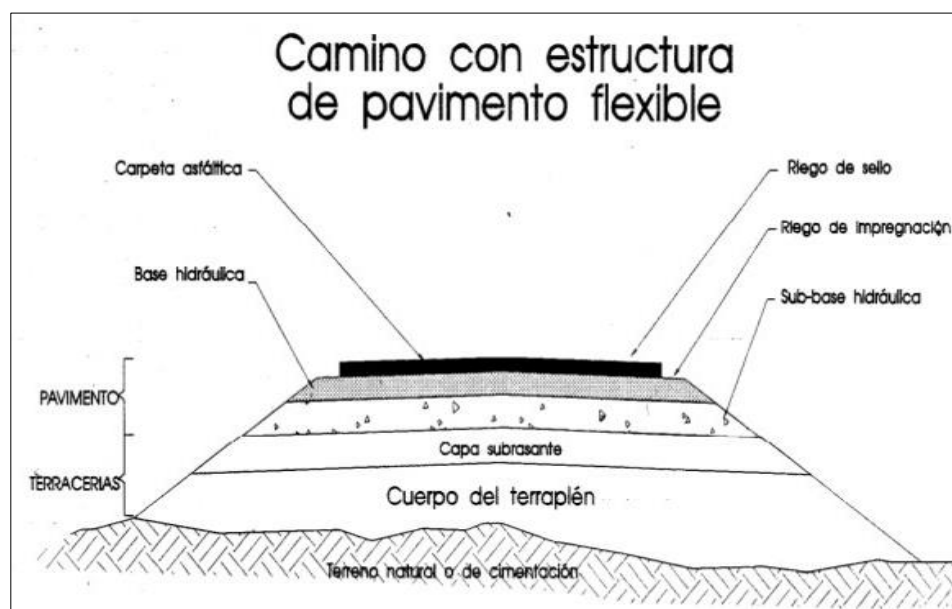


Figura 3.4 Estructura de un pavimento flexible.
Fuente: Banco del Estado, 2013.

En este tipo de pavimentos, la mezcla asfáltica al tener menor rigidez tiende a deformarse y transmitir mayores tensiones a la subrasante (Ver Figura 3.5).

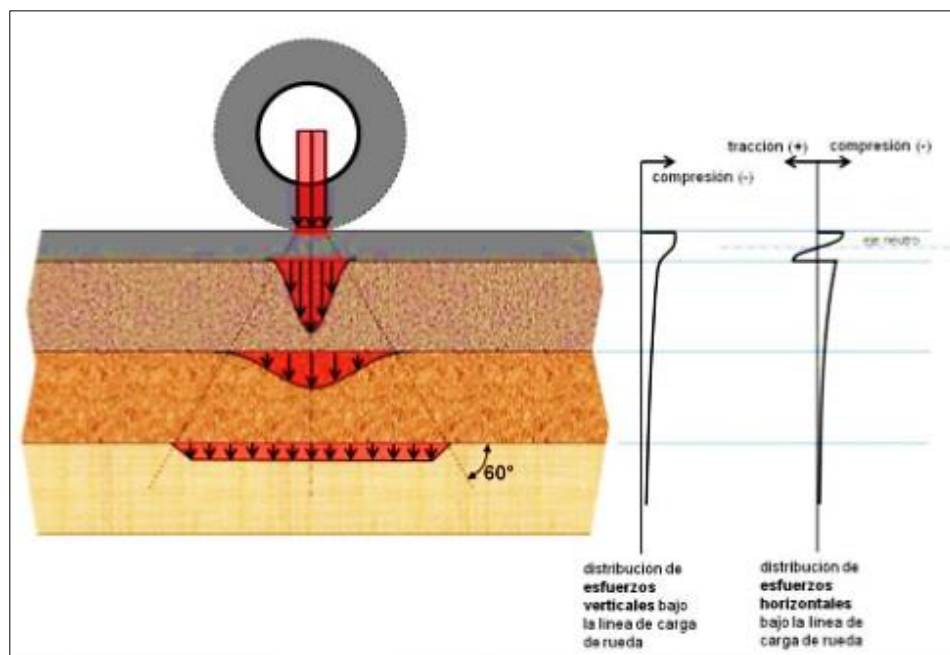


Figura 3.5 Transmisión de cargas en un pavimento flexible.

Fuente: Becker, E., 2012.

Como ya se mencionó, este tipo de pavimento cuenta con una capa de rodadura constituida por una mezcla asfáltica; por lo tanto, son más económicos en comparación a un pavimento rígido, pero su gran desventaja es que requieren de un mantenimiento constante para cumplir con su vida útil.

3.1.3.2 Pavimento Rígido.

La capa de rodadura de un pavimento rígido se constituye de losas de hormigón que en ocasiones pueden presentar un armado de acero para mantener un espaciamiento adecuado entre fisuras y lograr que éstas permanezcan cerradas. En su estructura puede tener o no, una capa sub-base entre la losa de hormigón y la subrasante (Ver Figura 3.6).



Figura 3.6 Estructura de un pavimento rígido.
Fuente: Banco del Estado, 2013.

En un pavimento rígido, debido a la rigidez de la losa de hormigón se produce una distribución de las cargas de las ruedas de los vehículos en un área mayor, dando como resultado tensiones muy

bajas en la subrasante (Instituto Boliviano del Cemento y el Hormigón, 2010) (Ver Figura 3.7).

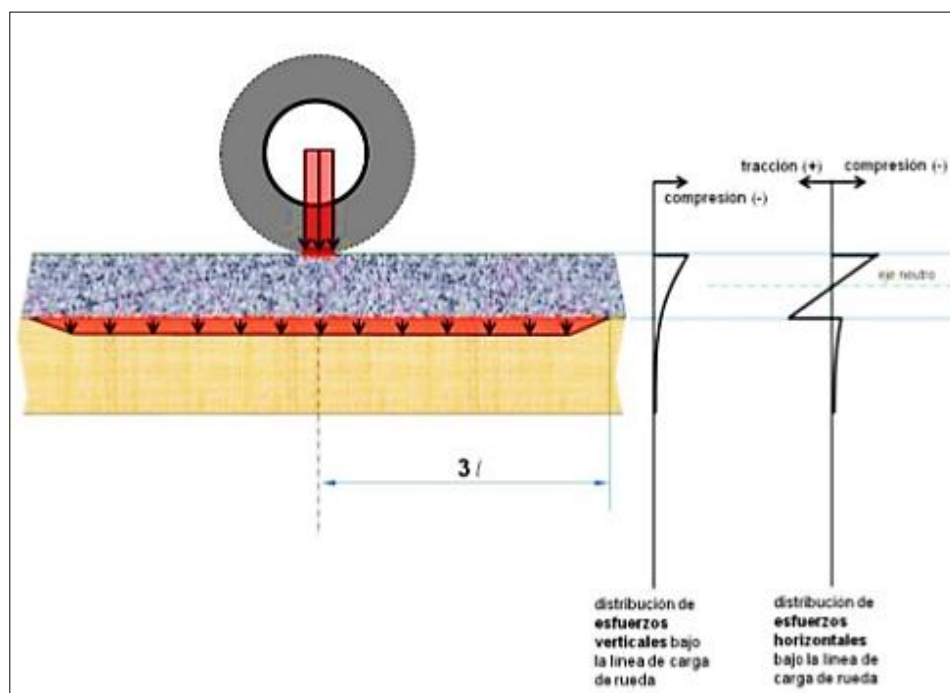


Figura 3.7 Transmisión de cargas en un pavimento rígido.
Fuente: Becker, E., 2012.

Por lo tanto, la capacidad portante de un pavimento rígido se basa en la resistencia de la losa de hormigón.

3.1.4 Componentes principales de un pavimento.

Se puede considerar que la estructura de un pavimento está formada por una superestructura encima de una fundación, esta última debe ser el resultado de un estudio geotécnico adecuado. En los pavimentos camineros, la superestructura está constituida por la

capa de revestimiento y la capa base; la fundación está formada por las capas de sub-base y suelo compactado. (Universidad Mayor de San Simón, 2014)

3.1.4.1 Subrasante.

Es el terreno sobre el cual se cimentará el pavimento. Esta capa de suelo puede estar constituida por el terreno natural, siempre y cuando éste sea de buena calidad, caso contrario se lo debe reemplazar por otro material que cumpla con las normas de calidad y requerimientos del diseño.

Debe recibir y soportar las cargas producidas por el tránsito, que le son transmitidas por el pavimento, dentro de un periodo de tiempo determinado (que corresponde al periodo del proyecto), sin sufrir deterioros o deformaciones que afecten la integridad del pavimento. (Tapia, 2011)

Debe ser suelo granular, material rocoso o una combinación de ambos, el cual debe estar libre de materia orgánica y escombros. La compactación deberá ser de al menos el 95% de la densidad máxima.

La parte del material que pase el tamiz N° 40 (0.425 mm.) deberá tener un índice de plasticidad no mayor de 9 y límite líquido hasta

35% siempre que el valor del CBR sea mayor al 20%. (Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones, 2002)

Entre las funciones de esta capa están:

- Distribuir y transmitir uniformemente las cargas de tránsito hacia el terreno natural.
- Proveer de espesores uniformes a la estructura del pavimento.
- Cubrir los fragmentos de roca y las imperfecciones de la plataforma sobre la cual se asentará la estructura de pavimento.
- Impedir que el material fino ascienda hacia las capas superiores y contamine el pavimento.

3.1.4.2 Sub-base.

Es la capa inmediatamente superior a la subrasante, constituida por un material granular de capacidad de soporte mayor a la subrasante. Es utilizada comúnmente en pavimentos flexibles para reducir el espesor de la capa base.

El material granular utilizado como sub-base deberá tener un coeficiente de desgaste máximo 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%. (Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones, 2002)

Entre las funciones de esta capa están:

- Proporcionar a la capa base una plataforma uniforme, de modo que soporte los esfuerzos transmitidos, por las cargas de los vehículos a través de las capas superiores, y los transmita adecuadamente a la subrasante.
- Drenar de forma eficiente el agua introducida a través de la capa de rodadura, espaldones o por ascenso capilar.
- Impedir la contaminación de material fino de la subrasante con material granular de la base; es decir, evita la mezcla entre material de subrasante y base.
- Reducir el espesor de la capa base, obteniendo así un ahorro económico significativo.

Hay que señalar que para el buen funcionamiento de ésta capa es importante realizar una buena compactación del material, cuya densidad mínima no debe ser menor que el 100% de la densidad máxima.

3.1.4.3 Base.

Es la capa inmediatamente superior a la sub-base y sobre la cual se asienta la capa de rodadura. Su principal función es la de absorber la mayor parte de los esfuerzos producidos por las cargas de tránsito y transmitirlos a las capas inferiores en una intensidad apropiada.

Para vías o caminos con tránsito ligero y medio, se suelen emplear bases granulares tradicionales, en tanto que para tránsito pesado se utilizan bases estabilizadas o tratadas con algún material cementante con la finalidad de mejorar su capacidad de soporte.

El límite líquido de la fracción que pase el tamiz N° 40 deberá ser menor de 25 y el índice de plasticidad menor de 6. El porcentaje de desgaste por abrasión de los agregados será menor del 40% y el valor de soporte de CBR deberá ser igual o mayor al 80%. (Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones, 2002)

Al igual que en la sub-base, la densidad mínima no debe ser menor que el 100% de la densidad máxima obtenida en laboratorio mediante ensayos de densidad máxima y humedad óptima.

3.1.4.3.1 Base estabilizada.

La razón de emplear bases estabilizadas es que cada vez es más difícil el acceso a materiales pétreos de buena calidad que cumplan con las especificaciones de calidad. (Salazar, 1997)

Dentro de las ventajas de la estabilización de bases granulares tenemos las siguientes:

- Menor capacidad de erosión de la base granular.
- Disminución de esfuerzos y deflexiones por cargas de tránsito.
- Previene la consolidación del material de base por cargas de tránsito.
- Se mejora la distribución y transferencia de cargas.
- Incrementa la capacidad de soporte del material disponible o cercano a la obra.

Antes de proceder a la estabilización de una base granular, se debe verificar que los agregados estén libres de partículas perjudiciales, como por ejemplo materia orgánica, y además, el equivalente de arena debe ser superior a 20.

3.1.4.4 Capa de rodadura.

Es la parte que soporta directamente las solicitaciones del tránsito y aporta las características funcionales y estructuralmente absorbe

los esfuerzos horizontales y parte de los verticales. En condiciones de alta intensidad del tránsito puede llegar a alcanzar espesores considerables. (Tapia, 2011)

Esta capa debe estar constituida por materiales endurecidos para transmitir los esfuerzos minimizados hacia las capas inferiores. Generalmente se construye con mezcla asfáltica (pavimento flexible) o con concreto hidráulico (pavimento rígido).

Si se construye un pavimento flexible, el material bituminoso debe estar compuesto por asfalto diluido o emulsiones asfálticas. La carpeta asfáltica debe proveer de una superficie estable y uniforme, debe también ser resistente a los efectos abrasivos del tránsito vehicular, tener una textura adecuada e impedir el paso del agua al interior de la estructura del pavimento.

Si se construye un pavimento rígido, éste debe hacerse por paños de losa utilizando cemento Portland. Debido a que el concreto hidráulico presenta un elevado coeficiente de elasticidad y una alta rigidez, la distribución de esfuerzos se produce en una amplia zona. Además, un pavimento rígido es capaz de resistir esfuerzos de tensión en cierta medida y su capacidad estructural dependerá principalmente de la resistencia del hormigón.

3.2 Sistema Vial.

Una vez que se han comprendido los conceptos básicos sobre la estructura de un pavimento y ciertas especificaciones que deben cumplir los materiales, para ser considerados en el diseño, se procederá a explicar la red que conforma el sistema vial y la clasificación de las vías en el Ecuador.

3.2.1 Clasificación del Sistema Vial en el Ecuador.

Según el MTOP, en concordancia con la Constitución del Ecuador, Ley de Caminos y el COOTAD, clasifica al sistema vial de acuerdo a lo siguiente:

3.2.1.1 Por su diseño.

- a) Autopistas:** son aquellas vías que provean de velocidades constantes y seguridad a los usuarios y que cuenten con las siguientes características: acceso restringido a terrenos colindantes, intersecciones a desnivel y limitación de los accesos vehiculares.
- b) Carreteras:** aquellas vías que no reúnen las características de una autopista pero que responden a características de diseño geométrico establecidas en las Normas Generales de Diseño del MTOP.

c) Caminos vecinales: son aquellas vías de comunicación que conectan las áreas rurales internas y las enlazan a las carreteras. Sus características geométricas de diseño son menos exigentes.

3.2.1.2 Por su funcionalidad.

a) Corredores Arteriales: aquellas vías que entrelazan capitales provinciales y sitios estratégicos para el desarrollo de la economía y la sociedad.

b) Vías Colectoras: son aquellas vías de integración a nivel regional cuya función es conectar las localidades aledañas con los corredores arteriales.

c) Vías Locales: aquellos caminos que conectan los diferentes centros poblados con las vías colectoras.

3.2.1.3 Por su dominio.

a) Caminos Públicos: aquellos caminos de dominio y uso público, construidos para el uso y goce común.

b) Caminos Privados: aquellos que se construyen en terrenos particulares para uso y goce de uno o varios propietarios en particular.

3.2.1.4 Por su uso.

- a) **Carreteras:** vías de circulación vehicular.
- b) **Ferrovías:** infraestructura destinada al tránsito de locomotoras.
- c) **Ciclo vías:** carriles de uso exclusivo para la circulación de bicicletas.
- d) **Senderos:** caminos que sirven para la movilización de personas a través de vehículos de tracción humana o animal, o para prácticas de senderismo.
- e) **Aceras:** espacios para la circulación y uso exclusivo de peatones.

3.2.1.5 Por su jurisdicción y competencia.

- a) **Red Vial Estatal:** aquellas vías bajo administración y control del MTOP, está constituida por corredores arteriales y vías colectoras. Según datos del MTOP, abarca una longitud de 5.832,12 km de corredores arteriales y 3.496,51 km de vías colectoras, dando un total de 9.328,63 km de red vial estatal.

Existe un total de 12 corredores arteriales, que representan el 66% de la RVE, los cuales están enlistados en la Tabla II, en la que también se indica la longitud de cada uno y su simbología.

Tabla II. Corredores Arteriales del Ecuador.

Escudo	Código	Nombre	Asignación Gráfica	Longitud (km)
	E5	Troncal Insular	Galápago	38
	E10	Transversal Fronteriza	Jaguar	453
	E15	Troncal del Pacífico	Delfín	741
	E20	Transversal Norte	Mono	336
	E25	Troncal de la Costa	Mariposa	664
	E25A	Troncal de la Costa Alternativa	-	10
	E30	Transversal Central	Papagayo	438
	E35	Troncal de la Sierra	Cóndor	781
	E40	Transversal Austral	Colibrí	649
	E45	Troncal Amazónica	Tucán	701
	E45A	Troncal Amazónica Alternativa	-	85
	E50	Transversal Sur	Oso Hormiguero	224

Fuente: Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2013.

El 33% restante de la RVE lo conforman 43 vías colectoras, cuya simbología se puede observar en la Figura 3.8.



Figura 3.8 Escudo de identificación de una vía colectora.

Fuente: Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2013.

b) Red Vial Provincial: corresponde a aquel conjunto de vías bajo la administración y control de los GAD's Provinciales, los cuales vienen ejerciendo la competencia de vialidad a partir de la entrada en vigor de la Ley Orgánica de Régimen Provincial y según lo establecido en el Acuerdo Ministerial No. 001 del año 2001. Representan el 28,57% de la red vial del Ecuador y su longitud total es de 65.930,75 km.

En la Tabla III, se detalla la RVP correspondiente a cada GAD Provincial.

Tabla III. Red Vial Provincial.

No.	Provincia	Longitud (km)	%
1	Azuay	3.581,70	5,43%
2	Bolívar	3.610,00	5,48%
3	Cañar	1.545,74	2,34%
4	Carchi	2.346,31	3,56%

5	Chimborazo	1.609,00	2,44%
6	Cotopaxi	1.703,03	2,58%
7	El Oro	4.342,08	6,59%
8	Esmeraldas	1.136,40	1,72%
9	Guayas	5.847,53	8,87%
10	Imbabura	1.483,82	2,25%
11	Loja	5.615,56	8,52%
12	Los Ríos	4.957,14	7,52%
13	Manabí	5.946,53	9,02%
14	Morona Santiago	2.530,62	3,84%
15	Napo	1.706,45	2,59%
16	Orellana	2.673,54	4,06%
17	Pastaza	869,99	1,32%
18	Pichincha	3.660,00	5,55%
19	Santa Elena	690,07	1,05%
20	Santo Domingo	2.717,98	4,12%
21	Sucumbíos	3.398,86	5,16%
22	Tungurahua	2.250,71	3,41%
23	Zamora Chinchipe	1.707,69	2,59%
	TOTAL	65.930,75	100%

Fuente: Banco del Estado, 2013.

c) Red Vial Municipal: son aquellas vías y caminos cuya administración y control le corresponde a los GAD's Municipales, éstos vienen ejerciendo la competencia de vialidad, al igual que los GAD's Provinciales, desde el año 2001. Representa el 51,61% de la red vial del país, y cuya longitud total es de 15.881,90 km.

3.2.2 Estado actual del Sistema Vial en el Ecuador.

El Banco del Estado en el año 2013 elaboró un informe en el que se había realizado un análisis técnico del estado de las vías en el país, dicho análisis se basó en las condiciones del trazado, señalización, funcionalidad de las estructuras, operatividad y estética. A continuación, se presenta un resumen del estado actual de las diferentes redes viales del Ecuador:

3.2.2.1 Red Vial Estatal.

Como ya se había mencionado en la sección 3.2.1.5 a), existe un total de 12 corredores arteriales con una longitud de 5.832,12 km y 43 vías colectoras con una longitud de 3.496,51 km, sumando un total de 9.328,63 km de red vial estatal, cuyas características más relevantes se describen en las Tablas IV y V:

Tabla IV. Red Vial Estatal por estado de las vías.

Estado de las vías	Longitud (Km)	%
Bueno	5.560,72	60%
Regular	3.171,69	34%
Malo	596,22	6%
TOTAL	9.328,63	100%

Fuente: Banco del Estado, 2013.

Se puede observar que un gran porcentaje de la RVE se encuentra en condiciones aceptables, garantizando el confort y la sensación de bienestar en los usuarios.

Tabla V. Red Vial Estatal por tipo de capa de rodadura.

Tipo de capa de rodadura	Longitud (Km)	%
Pavimento asfáltico	6.640,75	71%
DTSB	636,59	7%
Grava (Lastrado)	535,88	6%
Pavimento rígido	1.515,41	16%
TOTAL	9.328,63	100%

Fuente: Banco del Estado, 2013.

Es claro que, el 87% de la RVE cuenta con pavimento asfáltico y rígido, mientras que el porcentaje restante cuenta con Doble Tratamiento Superficial Bituminoso (DTSB) y lastrado.

3.2.2.2 Red Vial Provincial.

La RVP cuenta con 65.930,75 km de vías y sus condiciones actuales se detallan en las Tablas VI y VII, presentadas a continuación:

Tabla VI. Red Vial Provincial por estado de las vías.

Estado de las vías	Longitud (Km)	%
Bueno	23.928,28	36%
Regular	23.220,11	35%
Malo	18.782,36	28%
TOTAL	65.930,75	100%

Fuente: Banco del Estado, 2013.

Se observa que, el 63% de la RVP no se encuentra en óptimas condiciones con lo cual se afecta el principio del Buen Vivir establecido en la Constitución Política del Ecuador.

Tabla VII. Red Vial Provincial por tipo de capa de rodadura.

Tipo de capa de rodadura	Longitud (Km)	%
Pavimento rígido	261,75	0,40%
Pavimento asfáltico	8.350,88	12,67%
DTSB	3.130,61	4,75%
Lastrado	38.402,10	58,25%
Sub base	15.776,76	23,93%
Adoquinado	8,65	0,01%
TOTAL	65.930,75	100%

Fuente: Banco del Estado, 2013.

Del inventario total de la RVP, existe un 82,18% de vías lastradas o con material de sub-base, y el saldo restante, alrededor del 17,82%,

cuentan con otro tipo de capa de rodadura. Es aquí donde se puede observar claramente el problema de vialidad que tiene el país.

3.2.2.3 Red Vial Municipal.

La RVM cuenta con 15.881,90 km de vías correspondientes a 221 municipios, de los cuales las condiciones actuales del 85,45% (13.571,76 km) se encuentran detalladas en las Tablas VIII y IX, presentadas a continuación:

Tabla VIII. Red Vial Municipal por estado de las vías.

Estado de las vías	Longitud (Km)	%
Bueno	11.322,60	83,43%
Regular	821,35	6,05%
Malo	1.427,80	10,52%
TOTAL	13.571,76	100%

Fuente: Banco del Estado, 2013.

Del total de la RVM, el 83,43% de las vías municipales se encuentra en óptimas condiciones para el tránsito vehicular; mientras que el 16,57% restante no presentan condiciones aceptables. Por lo tanto, se puede decir de forma general que la RVM se encuentra en condiciones aceptables para la circulación vehicular.

Tabla IX. Red Vial Municipal por tipo de capa de rodadura.

Tipo de capa de rodadura	Longitud (Km)	%
Pavimento rígido (hormigón)	228,67	1,68%
Pavimento asfáltico	2.139,20	15,76%
Grava (empedrado, lastrado)	1.890,60	13,93%
Sub base (tierra, afirmado)	1.010,94	7,45%
Adoquinado	8.302,35	61,17%
TOTAL	13.571,76	100%

Fuente: Banco del Estado, 2013.

Se observa que la tendencia en las vías municipales es el adoquín con un 61,17% del total de la RVM; mientras que, alrededor del 21,38% (2.901,54 km) de vías urbanas cuentan con lastrado y sub-base, y el saldo restante de las vías (17,44%) cuentan con superficies de asfalto y hormigón.

3.2.3 Demanda actual del Sistema Vial del Ecuador.

El análisis de la demanda actual del Sistema Vial del Ecuador se basa en aquellas vías que se encuentran en condiciones regulares y malas.

En la Tabla X se presenta un resumen de la demanda actual del sistema, la cual debe ser tomada en consideración y ejecutar planes, a mediano o largo plazo, para el mejoramiento de estas vías

con la finalidad de promover el desarrollo económico y social del país. Así como también se debe contemplar la construcción de nuevas vías para una futura demanda.

Tabla X. Demanda actual del Sistema Vial del Ecuador.

Red Vial	Longitud (km)
Estatad	3.767,91
Provincial	42.002,47
Municipal	2.249,15
TOTAL	48.019,53

Fuente: Banco del Estado, 2013.

3.2.4 Vialidad en la Provincia de Napo.

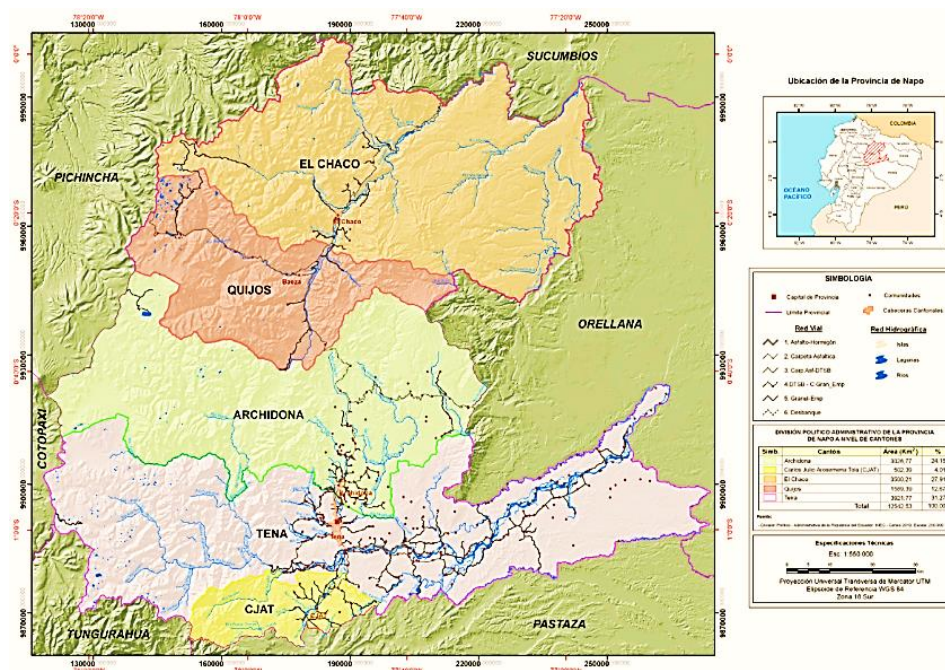


Figura 3.9 Mapa de la Red Vial Provincial de Napo.

Fuente: Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Napo, 2015.

La RVP de Napo está conformada por 1.586,20 km de vías, que representan aproximadamente el 2,59% de la RVP a nivel nacional.

Tabla XI. Red Vial Provincial de Napo por tipo de capa de rodadura.

Tipo de capa de rodadura	Longitud (km)	%
Pavimento asfáltico	241,10	15,20 %
Empedrado (lastrado)	1337,17	84,30 %
Adoquinado	1,43	0,09 %
Desbanque	6,50	0,41 %
TOTAL	1.586,20	100 %

Fuente: Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Napo, 2015.

En la Tabla XI se puede observar que la provincia de Napo cuenta con un porcentaje muy significativo de vías lastradas (84,3%), lo que constituye un problema para el desarrollo económico y productivo de la provincia. A su vez, la red está distribuida entre los cinco cantones que conforman la provincia, tal como se detalla a continuación:

Tabla XII. Distribución de la Red Vial Provincial de Napo.

Cantón	Longitud (km)	%
Archidona	276,18	17,41 %
Carlos J. Arosemena Tola	114,45	7,22 %
El Chaco	360,39	22,72 %
Quijos	263,18	16,59%
Tena	572,00	36,06 %
TOTAL	1.586,20	100 %

Fuente: Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Napo, 2015.

Según el informe del Plan Estratégico Institucional del GAD Provincial de Napo, en la sección 11 correspondiente a la programación plurianual, se establece la inversión prevista hasta el año 2018 en materia de vialidad, tal como se muestra detallado en la Tabla XIII:

Tabla XIII. Inversión estimada al 2018, en vialidad para la Provincia de Napo.

Cantón	Inversión estimada
Archidona	\$1'170.000
Carlos J. Arosemena Tola	\$200.000
El Chaco	\$250.000
Quijos	\$350.000
Tena	\$2'550.000
Otras obras en la provincia	\$500.000
TOTAL	\$5'020.000

Fuente: Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Napo, 2015.

De acuerdo con este plan de inversión, existe la total disposición, por parte del GAD Provincial de Napo, de mejorar las vías de la provincia y así generar mayores oportunidades y beneficios económicos para los cantones.

3.3 Arenas bituminosas.

Por definición, una “arena bituminosa” es una roca sedimentaria que contiene betún u otro petróleo pesado que, en estado natural, no puede recuperarse mediante métodos convencionales de recuperación de

petróleo. Esta condición generalmente se aplica a petróleos que tienen una gravedad inferior a 12° API. (Chilingarian & Yen, 1978)

Es decir, las arenas bituminosas, son arenas impregnadas con material de hidrocarburo crudo altamente viscoso no recuperable en su estado natural.

3.3.1 Arenas bituminosas en el Ecuador.

Las arenas bituminosas en el Ecuador comúnmente se las denomina como asfaltitas, las cuales presentan un color negro y de aspecto resinoso. Se forman a partir de la destilación natural del crudo pesado o por la oxidación del mismo en la superficie terrestre al entrar en contacto con el aire.

De acuerdo a estudios e investigaciones de entidades académicas realizadas previamente, han determinado la presencia de yacimientos de asfaltitas en las provincias de Santa Elena y Napo; así mismo, se ha comprobado que este material tiene propiedades reológicas y un comportamiento mecánico muy similar a un asfalto común. Estos yacimientos se encuentran específicamente en 3 campos petroleros, los cuales son:

- Campo Pungarayacu, Provincia de Napo.
- Campo Santa Paula, Provincia de Santa Elena.
- Campo Petrópolis, Provincia de Santa Elena.

3.3.1.1 Arenas bituminosas del Campo Pungarayacu.

Son arenas bituminosas impregnadas de hidrocarburos pesados (10° API), ocurren en más de 100 km², en la parte central occidental del oriente ecuatoriano, provincia de Napo, a 20 kilómetros al norte de la ciudad de Tena. El miembro Inferior de la formación Hollín, constituye este importante recurso de hidrocarburos pesados o arenas bituminosas, consideradas como asfalto natural, potencialmente útiles, a ser usadas, previo mejoramiento, especialmente en obras de ingeniería civil, como material para construcción de caminos. (Núñez del Arco, 2003)



Figura 3.10 Afloramiento de asfaltitas en el Campo Pungarayacu.

Fuente: Mejía, M., Muñoz, H., 2018.

Como se puede apreciar en la Figura 3.10, estas arenas contienen impregnaciones de petróleo, son bien graduadas, de grano fino a medio, con tendencia al grano grueso. Existen afloramientos superficiales en la zona norte del Campo Pungarayacu, extendiéndose hacia el sur, llegando a una profundidad máxima de 290 metros; lo cual ha permitido la explotación del material, a cielo abierto, cuyas reservas de este recurso se estiman en 794.936 m³.

Estas asfaltitas se las puede utilizar como material estabilizante de bases y sub-bases granulares en caminos y vías terciarias del país.

3.3.1.2 Arenas bituminosas de la Península de Santa Elena.

Arenas bituminosas conocidas como “Tierra Brea”, ocurren en diferentes localidades de la península de Santa Elena. Exudaciones superficiales de este bitúmen, se presentan en la mayoría de los campos petrolíferos de la península, los cuales fueron explotados por los antiguos moradores del sector, de manera artesanal, desde hace muchos años, utilizado el material para impermeabilizar pequeñas embarcaciones pesqueras. En décadas pasadas, las compañías petroleras que operaron en la península, utilizaron

frecuentemente la tierra brea como “carpeta asfáltica” para las vías de penetración a los pozos de petróleo. (Núñez del Arco, 2003)



Figura 3.11 Afloramiento de asphaltitas en el Campo Santa Paula.

Fuente: Mejía, M., Muñoz, H., 2018.

Son arenas impregnadas de hidrocarburos pesados de 12° API. La Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), en base a interpretaciones geofísicas y sondeos superficiales, ha cuantificado este recurso y sus reservas. (Ver Tabla XIV).

Tabla XIV. Reservas estimadas de asfaltita en la Península de Santa Elena.

Campo	Santa Paula	Petrópolis
Ubicación	4 km al sur de La Libertad	Salinas
Superficie	50.400 m ²	36.000 m ²
Espesor promedio	3,76 m	10,65 m
Volumen aproximado	200.000 m ³	400.000 m ³
Profundidad media de yacencia (sobrecarga)	1,27 m	2,13 m

Fuente: Núñez, E., 2003.

En conclusión, las reservas estimadas de asfaltita, en la península de Santa Elena, son de aproximadamente 600.000 m³. Sin embargo, hoy en día es imposible explotar el material, debido a los diferentes asentamientos humanos y urbanizaciones, que se han ido construyendo sobre estos yacimientos a lo largo de los años.

3.4 Estabilización de suelos.

Con frecuencia, en obras de ingeniería civil, existe la necesidad de modificar las propiedades de un suelo, existente en obra, para hacerlo capaz de cumplir de mejor manera las especificaciones técnicas del proyecto en cuestión. Las propiedades de un suelo se pueden modificar a través de un proceso de estabilización.

La estabilización de suelos es un procedimiento técnico que consiste en mezclar o combinar materiales, de mejores características, con un suelo para mejorar sus propiedades. Por lo tanto, el objetivo principal de una estabilización es incrementar la resistencia mecánica del suelo, el cual luego de la estabilización presentará una mayor trabazón entre los agregados y se asegura que las condiciones de humedad varíen dentro de rangos aceptables.

El proceso puede incluir la mezcla entre diversos tipos de suelos para alcanzar una graduación deseada (estabilización mecánica) o la mezcla del suelo con aditivos disponibles en el mercado (estabilización física y/o química), que puedan mejorar su graduación, textura o plasticidad. Igualmente, el estabilizante puede actuar como ligante para la cementación del suelo. (Elizondo & Sibaja, 2008)

Entre los beneficios de una estabilización de suelos podemos mencionar los siguientes:

- Variación volumétrica mínima (estabilidad volumétrica).
- Durabilidad del material estabilizado.
- Incremento en la resistencia del suelo.
- Mejor reacción de respuesta ante las cargas aplicadas.
- Disminución de la permeabilidad del suelo.
- Reducción del espesor de la capa de material estabilizado.

Cuando se requiere estabilizar un suelo, para alcanzar determinadas propiedades, la granulometría de la fracción gruesa del suelo a estabilizar juega un papel muy importante, así como también su plasticidad en la fracción fina.

3.4.1 Tipos de estabilización.

3.4.1.1 Estabilización mecánica.

Consiste en la mezcla o combinación de suelos, de diferentes graduaciones, para obtener un nuevo material, ya sea para su utilización como material de base, subbase o cualquier otro material deseado.

3.4.1.2 Estabilización con aditivos.

La estabilización se logra con productos químicos, cal, cemento o asfalto, los cuales deben ser agregados al suelo en cantidades apropiadas para mejorar su resistencia, plasticidad, textura y trabajabilidad.

Es importante que los aditivos estabilizantes sean incorporados en porcentajes apropiados, y que sean seleccionados de acuerdo a la característica que se le desea mejorar al suelo. (Elizondo & Sibaja, 2008)

3.5 Materiales empleados para la estabilización.

3.5.1 Agregados finos y gruesos.

La muestra de agregados finos y gruesos (Figura 3.12), con tamaño máximo de agregado (TMA) de 1 1/2 pulg (37,5 mm), se obtuvo de una cantera ubicada en una zona cercana a los yacimientos de asfaltita en el Campo Pungarayacu, Provincia de Napo.



Figura 3.12 Muestra de agregados obtenida del Campo Pungarayacu.

Fuente: Mejía, M., Muñoz, H., 2018.

Debido a las condiciones climáticas de esta región del país, la muestra fue obtenida en condición húmeda y de varios puntos de la cantera para tener una muestra representativa.

El material fue almacenado en sacos y transportado al Laboratorio “Ing. Julio Hidalgo” de la compañía Hidalgo e Hidalgo, ubicado en el km. 26 de la vía Durán – Tambo, para llevar a cabo los respectivos ensayos.

3.5.2 Asfaltita.

La muestra de asfaltita (Figura 3.13), se obtuvo de una pequeña cantera abandonada, ubicada en el kilómetro 10 de la carretera Hollín – Loreto – Coca, al norte del Campo Pungarayacu, Provincia de Napo.



Figura 3.13 Muestra de asfaltita obtenida del Campo Pungarayacu.

Fuente: Mejía, M., Muñoz, H., 2018.

Esta cantera presenta afloramientos de asfaltita en condición húmeda, de la cual se extrajo la muestra de diferentes puntos de dicha cantera para tener una muestra representativa.

La muestra de material obtenida fue almacenada en pequeños sacos y transportada al Laboratorio “Ing. Julio Hidalgo” de la compañía Hidalgo e Hidalgo, ubicado en el km. 26 de la vía Durán – Tambo, para llevar a cabo los respectivos ensayos.

3.6 Ensayos realizados.

3.6.1 Granulometría de Agregados Finos y Gruesos (ASTM C-136).

3.6.1.1 Alcance.

Este método de ensayo está estandarizado según norma ASTM C-136, y cubre la determinación de la distribución del tamaño de partículas de agregados finos y gruesos mediante cribado.

3.6.1.2 Resumen del método de ensayo.

Se separa una muestra de agregado seco de masa conocida a través de una serie de tamices de aberturas progresivamente más pequeñas para la determinación de la distribución del tamaño de partícula.

3.6.1.3 Instrumentos.

- Balanzas: las muestras de menos de 200 g. (sin incluir el recipiente) deberán ser pesadas con balanzas de aproximación a 0,01 g., mientras que las muestras mayores de 200 g. deberán ser pesadas con balanzas de aproximación de por lo menos 0,1 g.
- Horno: de tamaño suficiente, capaz de mantener una temperatura uniforme de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Tamices.
- Tamizador mecánico.

3.6.1.4 Muestreo.

Cuartear la muestra de suelo para el ensayo. Para agregados gruesos, la cantidad de peso mínimo para el ensayo depende del tamaño máximo de los agregados de la muestra, según la Tabla XV:

Tabla XV. Peso mínimo de la muestra de ensayo para agregados gruesos.

Tamaño Máximo Nominal		Peso mínimo de la muestra	
mm	pulg	kg	lb
9,5	3/8	1	2
12,5	1/2	2	4
19,0	3/4	5	11
25,0	1	10	22
37,5	1 1/2	15	33
50,0	2	20	44
63,0	2 1/2	35	77

75,0	3	60	130
90,0	3 1/2	100	220
100,0	4	150	330
125,0	5	300	660

Fuente: American Society for Testing and Materials, 2001.

Para agregados finos, el peso mínimo de la muestra de ensayo, después del secado, deberá ser de 300 g.

De acuerdo a la especificación de la Tabla XV, el TMA de la muestra a ensayar es de 1 1/2 pulg (37,5 mm) y se utilizaron 19,202 kg de muestra, cumpliendo así con el peso mínimo especificado, ya que para un TMA de 1 1/2 pulg corresponde un peso mínimo de 15 kg.

3.6.1.5 Procedimiento.

1. Se deja secar la muestra a temperatura constante de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$.
2. Seleccionar los tamices, con aberturas adecuadas, para proporcionar la información requerida por las especificaciones que cubren el material a probar. Usar tamices adicionales según lo desee o sea necesario para proporcionar otra información, como el módulo de finura, o para regular la cantidad de material en un tamiz. Coloque los tamices en orden de tamaño decreciente de abertura desde arriba hacia abajo y coloque la muestra en el tamiz superior.

3. Agitar los tamices a mano o con un aparato mecánico durante un período suficiente, establecido por ensayo o verificado por medición en la muestra de prueba real.
4. Limitar la cantidad de material en un tamiz dado, para que todas las partículas tengan la oportunidad de alcanzar las aberturas del tamiz varias veces durante la operación de tamizado. En ningún caso, la cantidad retenida será tan grande como para causar una deformación permanente de la tela del tamiz.
5. Evitar una sobrecarga de material en un tamiz individual mediante uno de los siguientes métodos:
 - Insertar un tamiz adicional con un tamaño de abertura intermedio entre el tamiz que puede estar sobrecargado y el tamiz inmediatamente encima de ese tamiz en el juego original de tamices.
 - Dividir la muestra en dos o más porciones, cribando cada porción individualmente. Combinar las masas de las porciones retenidas en un tamiz específico antes de calcular el porcentaje de la muestra en el tamiz.
 - Usar tamices que tengan un tamaño de marco más grande y que proporcionen una mayor área de tamizado.

- 6.** Continuar tamizando por un período suficiente y en tal manera que, después de la finalización, no más del 1% en masa del material retenido en cualquier tamiz individual pasará ese tamiz durante 1 minuto de tamizado manual continuo realizado como sigue:

 - Sostener el tamiz individual, provisto de un ajuste perfecto, con fondo y tapa, en una posición ligeramente inclinada en una mano.
 - Golpear bruscamente el costado del tamiz y con un movimiento hacia arriba contra el talón de la otra mano a razón de aproximadamente 150 veces por minuto, girar el tamiz alrededor de una sexta parte de una revolución en intervalos de aproximadamente 25 golpes. Al determinar la suficiencia de tamizado para tamaños mayores que el tamiz No. 4 (4.75 mm), límite el material en el tamiz a una sola capa de partículas.
- 7.** En el caso de mezclas de áridos gruesos y finos, la porción de la muestra más fina que el tamiz No. 4 (4.75 mm), puede ser distribuida entre dos o más juegos de tamices para evitar sobrecarga de tamices individuales.
- 8.** A menos que se use un tamizador mecánico, tamizar manualmente las partículas mayores de 75 mm (3 pulg),

determinando el tamaño más pequeño de abertura del tamiz a través del cual pasará cada partícula. Iniciar la prueba con el tamiz más pequeño que se utilizará. Rotar las partículas, si es necesario, para determinar si pasarán una apertura en particular; sin embargo, no fuerce las partículas para pasar a través de una apertura.

9. Determine la masa de cada incremento de tamaño en una escala lo más cercano al 0,1% de la masa original total de la muestra seca. El total de masa del material después del tamizado debe verificarse con la masa original de la muestra colocada en los tamices. Si los montos difieren en más de 0,3%, de la muestra seca original, los resultados no deben utilizarse para fines de aceptación.

3.6.1.6 Cálculos.

Calcular los porcentajes que pasan, los porcentajes totales retenidos, o los porcentajes en varias fracciones de tamaño, con una precisión del 0,1%, de la masa total de la muestra seca inicial.

Dependiendo de las especificaciones para el uso del material bajo prueba, el informe incluirá lo siguiente:

- Porcentaje total de material que pasa cada tamiz; ó,
- Porcentaje total de material retenido en cada tamiz; ó,

- Porcentaje de material retenido entre consecutivos tamices.

Informar los porcentajes al número entero más cercano, excepto si el porcentaje que pasa el tamiz No. 200 (75 μm) es menor del 10%, se informará con una precisión del 0,1%.

Este ensayo fue realizado para determinar la granulometría de los agregados gruesos de la muestra obtenida del Campo Pungarayacu. Para la determinación de la granulometría de los agregados finos, de la misma muestra de suelo, se utilizó el método de ensayo C-117.

Los resultados de estos dos métodos de ensayo se pueden revisar en el ANEXO A.

3.6.2 Granulometría de Agregados Finos por lavado (ASTM C-117).

3.6.2.1 Alcance.

Este método de ensayo está estandarizado según norma ASTM C-117, y cubre la determinación de la cantidad del material más fino, que pasa el tamiz No. 200 (75 μm), en total por lavado. Las partículas de arcilla y otros agregados de partículas que se dispersan por el agua de lavado, así como materiales solubles en agua, serán eliminados de la muestra de agregados durante el ensayo.

3.6.2.2 Resumen del método de ensayo.

Una muestra del agregado se lava de la manera prescrita, utilizando agua. El agua de lavado decantada, que contiene material suspendido y disuelto, se pasa a través del tamiz No. 200 (75 μm). La pérdida de masa resultante del tratamiento de lavado se calcula como porcentaje en masa de la muestra original y se informa como el porcentaje de material más fino que pasa el tamiz No. 200 (75 μm) mediante lavado.

3.6.2.3 Instrumentos.

- Balanza: de aproximación a 0,01 g.
- Tamices: un juego de dos tamices, el inferior es el tamiz No. 200 (75 μm) y el tamiz superior es el No. 16 (1,18 mm).
- Recipiente: Una bandeja o recipiente de un tamaño suficiente para contener la muestra cubierta con agua y para permitir una agitación vigorosa sin pérdida de ninguna parte de la muestra o agua.
- Horno: de tamaño suficiente, capaz de mantener una temperatura uniforme de $110 \pm 5^\circ\text{C}$.
- Agua.

3.6.2.4 Muestreo.

Cuartear la muestra de agregado fino para el ensayo, mezclarla bien y reducir la cantidad de la muestra a una cantidad adecuada para la prueba. La masa mínima de la muestra de ensayo, después del secado, deberá cumplir con lo especificado en la Tabla XVI:

Tabla XVI. Peso mínimo de la muestra de ensayo para agregados finos.

Tamaño Máximo Nominal		Peso mínimo
mm	tamiz	g
4,75	No. 4 o menor	300
9,5	3/8	1000
19,0	3/4	2500
37,5	1 1/2 o mayor	5000

Fuente: American Society for Testing and Materials, 2003.

Para los agregados finos se utilizaron 468 g de muestra del pasante del tamiz No. 4, cumpliendo con el peso mínimo de 300 g especificado en la norma.

3.6.2.5 Procedimiento.

1. Se deja secar la muestra a temperatura constante de $110 \pm 5^\circ\text{C}$.
2. Si la especificación aplicable requiere que la cantidad, que pasa el tamiz No. 200 ($75 \mu\text{m}$), se determine en una porción de la muestra que pasa un tamiz más pequeño que el tamaño

máximo nominal del agregado, separe la muestra en el tamiz designado y determine la masa del material que pasa el tamiz designado al 0,1% de la masa de esta porción de la muestra de prueba.

- 3.** Después de secar y determinar la masa, coloque la muestra de prueba en el recipiente y agregue suficiente agua para cubrirla. No se agregará detergente, agente dispersante u otra sustancia al agua. Agitar la muestra con suficiente vigor para obtener la separación completa de todas las partículas finas, del tamiz No. 200 (75 μm), de las partículas más gruesas, y para poner el material fino en suspensión. Inmediatamente verter el agua de lavado que contiene los sólidos suspendidos y disueltos sobre los tamices, dispuestos con el tamiz más grueso en la parte superior. Tener cuidado de evitar, en la medida de lo posible, la decantación de partículas más gruesas de la muestra.
- 4.** Agregar una segunda carga de agua a la muestra en el recipiente, agitar y decantar como antes. Repetir esta operación hasta que el agua de lavado esté limpia.
- 5.** Devolver todo el material retenido en los tamices al aplicar la muestra lavada. Secar el agregado lavado a una temperatura

constante de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ y determinar la masa con una precisión del 0,1%.

3.6.2.6 Cálculos.

Calcular la cantidad de muestra que pasa el tamiz No. 200 por lavado.

Para el cálculo se debe realizar la resta entre el peso de la muestra seca inicial con el peso de la muestra seca después del lavado. Este valor se dividirá para el peso de la muestra seca inicial y se multiplicará por cien. Obteniéndose el porcentaje de finos que pasan el tamiz No. 200.

Los resultados de este método de ensayo se pueden revisar en el ANEXO A.

3.6.3 Proctor Modificado (ASTM D-1557).

3.6.3.1 Alcance.

Estos métodos de prueba están estandarizados según norma ASTM D-1557, y cubren los métodos de compactación de laboratorio utilizados para determinar la relación entre la humedad óptima y la máxima densidad seca (curva de compactación), compactados en un molde de 4 o 6 pulg. (101,6 ó 152,4 mm) de diámetro con un martillo de 10 lbf. (44,5 N) que cae desde una altura

de 18 pulg. (457 mm) produciendo un esfuerzo de compactación de 56.000 ft-lbf/ft³ (2.700 kN-m/m³).

Se proporcionan tres métodos alternativos. El método utilizado debe ser el indicado en la especificación para el material que se prueba. Si no se especifica ningún método, la elección debe basarse en la gradación del material, tal y como se indica en la Tabla XVII:

Tabla XVII. Métodos alternativos del ensayo de compactación.

Método :	A	B	C
Diámetro de molde :	4 pulg. (101,6 mm)	4 pulg. (101,6 mm)	6 pulg. (152,4 mm)
Material que pasa el tamiz :	No. 4 (4,75 mm)	3/8 (9,5 mm)	3/4 (19,0 mm)
Número de capas :	5	5	5
Número de golpes por capa :	25	25	56
Uso :	Se puede usar si se retiene un 25% o menos, en masa del material, en el tamiz No. 4 (4,75 mm).	Se puede usar si se retiene un 25% o menos, en masa del material, en el tamiz de 3/8 (9,5 mm).	Se puede usar si se retiene un 30% o menos, en masa del material, en el tamiz de 3/4 (19.0 mm).

Fuente: American Society for Testing and Materials, 2012.

El método a seguir es el Método C, ya que el tamiz de 3/4 retuvo el 24,6% de la muestra, según se indica en el análisis granulométrico de la muestra de agregados (Ver ANEXO A).

3.6.3.2 Resumen del método de ensayo.



Figura 3.14 Cilindro con material granular para ensayo Proctor Modificado.

Fuente: Mejía, M., Muñoz, H., 2018.

Un suelo con un determinado contenido de agua, se coloca en cinco capas en un molde de dimensiones determinadas, con 25 o 56 golpes por cada capa compactada, de un martillo de 10,0 lbf (44,5 N) que cae desde una altura de 18,0 pulg. (457,2 mm), sometiendo el suelo a un esfuerzo de compactación total de aproximadamente 56.000 ft-lbf/ft³ (2.700 kN-m/m³). Se determina el peso unitario seco resultante. El procedimiento se repite para un número suficiente de contenidos de agua, para establecer una relación entre la humedad óptima y la densidad seca máxima del suelo. Estos datos, cuando se trazan, representan una relación curvilínea conocida como curva

de compactación. Los valores de humedad óptima y densidad seca máxima se determinan a partir de la curva de compactación.

3.6.3.3 Instrumentos.

- Molde: debe ser cilíndrico, con un diámetro interior promedio de $6 \pm 0,026$ pulg. ($152,4 \pm 0,7$ mm), altura de $4,584 \pm 0,018$ pulg. ($116,4 \pm 0,5$ mm) y un volumen de $0,075 \pm 0,0009$ ft³ (2.124 ± 25 cm³).
- Martillo apisonador: operado manualmente u operado mecánicamente. El martillo caerá libremente a una altura de $18 \pm 0,05$ pulg. ($457,2 \pm 1,3$ mm) de la superficie de la muestra. La masa del martillo será de $10 \pm 0,02$ lb ($4,536 \pm 0,009$ kg) excepto la masa de los martillos mecánicos que puede ser ajustada como se describe en la norma D-2168. La cara inferior del martillo debe ser plana y circular con un diámetro de $2 \pm 0,005$ pulg. ($50,8 \pm 0,13$ mm). El martillo será reemplazado si la cara inferior se desgasta o se ensancha al punto que su diámetro exceda $2 \pm 0,01$ pulg. ($50,8 \pm 0,25$ mm).
- Balanzas: las muestras de menos de 200 g. (sin incluir el recipiente) deberán ser pesadas con balanzas de aproximación a 0,01 g., mientras que las muestras mayores

de 200 g. deberán ser pesadas con balanzas de aproximación de por lo menos 0,1 g.

- Horno: de tamaño suficiente, capaz de mantener una temperatura uniforme de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Regla: una regla rígida de metal de cualquier longitud convencional, pero no menor de 10 pulg. (250 mm). La longitud total de la regla debe mecanizarse directamente a una tolerancia de 60,005 pulg. (60,1 mm). El borde de raspado deberá estar biselado si es más grueso de 1/8 pulg. (3 mm).
- Tamices: de 3/4 pulg. (19 mm), 3/8 pulg. (9,5 mm) y No. 4 (4,75 mm)
- Recipientes o Taras: Deben ser de material resistente a los cambios de temperatura. Un par de recipientes deben ser usados para cada determinación de humedad.

3.6.3.4 Muestreo.

Se debe cuartear la muestra de suelo para el ensayo. La masa mínima del espécimen de ensayo para los Métodos A y B es de aproximadamente 16 kg, y para el Método C es de aproximadamente 29 kg de suelo seco. Por lo tanto, la muestra de campo debe tener una masa húmeda de al menos 23 kg y 45 kg, respectivamente.

Puesto que, el método a seguir es el Método C, se utilizaron las siguientes cantidades, de muestra de agregados y asfaltita, detalladas en la Tabla XVIII:

Tabla XVIII. Cantidades de muestras utilizadas para el ensayo de compactación.

Mezcla	Cantidad de muestra utilizada	
	Agregados (g)	Asfaltita (g)
Agregado natural	15.000	0
Agregados + Asfaltita (10% en peso)	13.500	1.500
Agregados + Asfaltita (15% en peso)	12.750	2.250
Agregados + Asfaltita (20% en peso)	12.000	3.000
TOTAL	53.250	6.750

Fuente: Mejía, M., Muñoz, H., 2018.

3.6.3.5 Procedimiento.

1. Dejar secar las muestras que servirán para el ensayo de compactación.
2. Procesar el material sobre el tamiz apropiado: No. 4 (4,75 mm) si se emplea el Método A, 3/8 pulg. (9,5 mm) si se emplea el Método B ó 3/4 pulg. (19,0 mm) si se emplea el Método C.
3. Pesar y registrar la masa del molde y la placa base.
4. Determinar el contenido de agua de cada sub-espécimen inmediatamente antes de la compactación. Esto proporciona un control del contenido de agua determinado para cada punto de compactación. Agregar agua en incrementos del 2%.

5. Proceder con la compactación, para ello es necesario tomar en cuenta lo siguiente:

- Antes de la compactación, coloque la tierra suelta en el molde y extiéndala en una capa de espesor uniforme. Apisonar ligeramente el suelo antes de la compactación, usando el martillo apisonador.
- Compactar el suelo en cinco capas. Cada capa con 25 golpes para el molde de 4 pulg. (101,6 mm) o con 56 golpes para el molde de 6 pulg. (152,4 mm). Mantener el martillo apisonador verticalmente y aplicar los golpes a una velocidad uniforme de 25 golpes/min, de tal manera que proporcione una cobertura completa y uniforme de la superficie de la muestra.
- Después de la compactación, cada capa debe ser aproximadamente igual en espesor y la capa final debe extenderse ligeramente dentro del collar.
- La última capa se debe dejar al ras del borde superior del cilindro, se puede usar un cuchillo o la regla, raspando la parte superior del molde para formar una superficie plana. El recorte inicial de la muestra con un cuchillo puede evitar que se rompa la tierra debajo de la parte superior del molde. Rellenar cualquier orificio con

material fino de la muestra, presionar con los dedos y volver a raspar con la regla sobre la parte superior del molde. Si se encuentran partículas del tamaño de grava, recortar alrededor de ellas o removerlas, lo que sea más fácil.

6. Pesar y registrar la masa de la muestra con el molde y placa base.
7. Retirar el material del molde y obtener una porción representativa de muestra para determinar el contenido de agua, de acuerdo con el método de ensayo D-2216.

3.6.3.6 Cálculos.

Determinar los porcentajes de contenido de agua y calcular la densidad húmeda y seca de cada espécimen.

Graficar los valores de contenido de agua, en porcentaje, y densidad seca, en kg/m^3 . La curva de compactación se grafica como una curva suave, de forma parabólica, a través de los puntos.

A partir de la curva de compactación, determinar los resultados de la compactación: contenido de agua óptimo y densidad seca máxima de la muestra de suelo ensayada.

Los resultados de este método de ensayo se pueden revisar en el ANEXO B.

3.6.4 CBR - Valor soporte de suelos compactados (ASTM D-1883).

3.6.4.1 Alcance.

Este método de ensayo está estandarizado según norma ASTM D-1883, y cubre la determinación de la Relación Soporte de California (CBR), para material de subrasante de pavimento, subbase y materiales de base granular de muestras compactadas. El método de ensayo está destinado principalmente a evaluar la resistencia de los materiales que tienen partículas de tamaño máximo menor a 3/4 pulg. (19 mm). (American Society for Testing and Materials, 2007)

3.6.4.2 Resumen del método de ensayo.



Figura 3.15 Cilindros con material granular para ensayo CBR.
Fuente: Mejía, M., Muñoz, H., 2018.

El ensayo CBR es una prueba de carga aplicada a la superficie y utilizada en investigaciones de suelos como ayuda para el diseño de pavimentos. La prueba de laboratorio utiliza un pistón circular, para penetrar el material compactado en un molde, a una velocidad de penetración constante. El CBR se expresa como la relación de carga, de la unidad en el pistón, requerida para penetrar 0,1 pulg. (2,5 mm) y 0,2 pulg. (5 mm) del suelo de prueba a la unidad de carga requerida para penetrar un material estándar.

3.6.4.3 Instrumentos.

- Prensa de carga: debe estar equipada con una cabeza móvil o base que se mueva a una velocidad uniforme de 0,05 pulg/min (1,27 mm/min). La velocidad de carga de 0,05 pulg/min (1,27 mm/min) se mantendrá dentro del $\pm 20\%$ sobre la gama de cargas desarrolladas durante la penetración.
- Molde: debe ser cilíndrico, con un diámetro interior promedio de $6 \pm 0,026$ pulg. ($152,4 \pm 0,7$ mm), altura de $4,584 \pm 0,018$ pulg. ($116,4 \pm 0,5$ mm) y un volumen de $0,075 \pm 0,0009$ ft³ (2.124 ± 25 cm³).
- Disco espaciador: de metal que tiene un diámetro exterior mínimo de $5 \frac{15}{16}$ pulg. (150,8 mm) pero no mayor, que permita que el disco espaciador se deslice fácilmente dentro

del molde. El disco espaciador debe tener una altura de 2,416 \pm 0,005 pulg. (61,37 \pm 0,127 mm).

- Martillo apisonador: operado manualmente u operado mecánicamente. El martillo caerá libremente a una altura de 18 \pm 0,05 pulg. (457,2 \pm 1,3 mm) de la superficie de la muestra. La masa del martillo será de 10 \pm 0,02 lb (4,536 \pm 0,009 kg) excepto la masa de los martillos mecánicos que puede ser ajustada como se describe en la norma D-2168. La cara inferior del martillo debe ser plana y circular con un diámetro de 2 \pm 0,005 pulg. (50,8 \pm 0,13 mm). El martillo será reemplazado si la cara inferior se desgasta o se ensancha al punto que su diámetro exceda 2 \pm 0,01 pulg. (50,8 \pm 0,25 mm).
- Aparato de medición de expansión: ajustable y con placa de metal perforada. No deberá pesar más de 2,8 lbf (1,27 kg).
- Pesas: Una o dos pesas anulares de metal, que tienen una masa total de 4,54 \pm 0,02 kg, y pesos metálicos ranurados, cada uno con una masa de 2,27 \pm 0,02 kg. El peso anular debe tener un diámetro de 5 7/8 a 5 15/16 pulg. (149,23 a 150,81 mm) y debe tener un orificio central de aproximadamente 2 1/8 pulg. (53,98 mm).

- Pistón de penetración: de metal con un diámetro de $1,954 \pm 0,005$ pulg. ($49,63 \pm 0,13$ mm) y no menos de 4 pulg. (101,6 mm) de largo.
- Balanzas: las muestras de menos de 200 g. (sin incluir el recipiente) deberán ser pesadas con balanzas de aproximación a 0,01 g., mientras que las muestras mayores de 200 g. deberán ser pesadas con balanzas de aproximación de por lo menos 0,1 g.
- Horno: de tamaño suficiente, capaz de mantener una temperatura uniforme de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Regla: una regla rígida de metal de cualquier longitud convencional, pero no menor de 10 pulg. (250 mm). La longitud total de la regla debe mecanizarse directamente a una tolerancia de $60,005$ pulg. (60,1 mm). El borde de raspado deberá estar biselado si es más grueso de $1/8$ pulg. (3 mm).
- Tamices: de $3/4$ pulg. (19 mm) y No. 4 (4,75 mm).
- Recipientes o Taras: Deben ser de material resistente a los cambios de temperatura. Un par de recipientes deben ser usados para cada determinación de humedad.

3.6.4.4 Muestreo.

El procedimiento de muestreo es igual al especificado en el método de ensayo D-1557.

3.6.4.5 Procedimiento.

- Se ajusta el molde a la placa de base, se une el collar de extensión y se pesa con aproximación a 5 g (0,01 lb). A continuación, se debe insertar el disco espaciador dentro del molde y se coloca un papel filtro grueso encima del disco.
- Se mezcla cada una de las tres porciones de 6,8 kg (15 lb) con suficiente agua para obtener el contenido de humedad óptimo.
- Se compacta la primera de las tres porciones de la mezcla de suelo en el molde, usando tres capas iguales si la densidad máxima fue determinada por medio del método de ensayo D-698 o cinco capas iguales si la densidad máxima fue determinada por el método de ensayo D-1557, para obtener una profundidad total compactada de más o menos 125 mm, compactando cada capa con el menor número de golpes seleccionados para obtener una densidad compactada del 95%, o menos, de la densidad máxima.
- Se determina el contenido de humedad del material que está siendo compactado, al comienzo y a la terminación de este

procedimiento (dos muestras). Cada muestra de humedad deberá tener una masa de, por lo menos, 100 g para suelos de grano fino, y 500 g para suelos de grano grueso.

- Terminada la compactación, se quita el collar y se enrasa el espécimen por medio de un enrasador o cuchillo de hoja resistente y bien recta. Cualquier hueco superficial producido al eliminar partículas gruesas durante el enrase, se rellenará con material sobrante sin gruesos, comprimiéndolo con una espátula.
- Se desmonta el molde y se vuelve a montar invertido, sin disco espaciador, colocando un papel de filtro entre el molde y la base. Se determina la masa del molde con el espécimen compactado, con aproximación a 5 g (0,01 lb).
- Se coloca sobre la superficie de la muestra invertida la placa perforada con vástago, y, sobre ésta, los anillos necesarios para completar una sobrecarga tal, que produzca una presión equivalente a la originada por todas las capas de pavimento que hayan de ir encima del suelo que se ensaya, la aproximación quedará dentro de los 2,27 kg (5,0 lb) correspondientes a una pesa.
- Se toma la primera lectura para medir la expansión. A continuación, se sumerge el molde en el tanque con la

sobrecarga colocada dejando libre acceso al agua por la parte inferior y superior de la muestra. Se mantiene la probeta en estas condiciones durante 96 horas (4 días) con el nivel de agua aproximadamente constante, aproximadamente 25 mm (1 pulg) por encima de la superficie del espécimen.

- Al final del período de inmersión, se vuelve a leer el deformímetro para medir el esponjamiento. Después del período de inmersión se saca el molde del tanque y se vierte el agua retenida en la parte superior del mismo, sosteniendo firmemente la placa y sobrecarga en su posición. Se deja escurrir el molde durante 15 minutos en su posición normal y, a continuación, se retiran las sobrecargas y la placa perforada. Inmediatamente, se pesa y se procede al ensayo de penetración.
- Se coloca sobre el espécimen las mismas sobrecargas que tuvo durante el período de inmersión. Después de aplicar la carga de asentamiento se coloca el resto de las sobrecargas alrededor del pistón.
- Se monta el dial medidor de manera que se pueda medir la penetración del pistón y se aplica una carga de 44 N (10 lb) para que el pistón se asiente. Seguidamente, se sitúan en cero los diales medidores.

- Se aplica la carga sobre el pistón, con una velocidad de penetración uniforme de 0,05 pulg/min (1,27 mm/min) y se anotan las lecturas de carga.



Figura 3.16 Aplicación de carga a cilindro para ensayo CBR.

Fuente: Mejía, M., Muñoz, H., 2018.

- Finalmente, se desmonta el molde y se toma de los 25 mm (1 pulg) superiores, en la zona próxima a donde se hizo la penetración, una muestra para determinar su humedad.

3.6.4.6 Cálculos.

La respectiva hoja de cálculo con los resultados obtenidos de este método de ensayo se puede revisar en el ANEXO C.

CAPÍTULO 4

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

4.1 Descripción del proyecto.

Como plan piloto, para probar la durabilidad y los beneficios de la estabilización con asfaltita, se ha propuesto mejorar una vía de aproximadamente 9 km que actualmente se encuentra lastrada y con un ancho promedio de 4 a 5 m. La vía Porotoyacu – Ardillaurcu está ubicada en la parroquia San Pablo de Ushpayacu del cantón Archidona, provincia de Napo. La vía tiene conexión directa con la Troncal Amazónica E45, el tramo de prueba inicia en la comuna Porotoyacu y culmina en la comuna Ardillaurcu (Ver Figura 4.1).

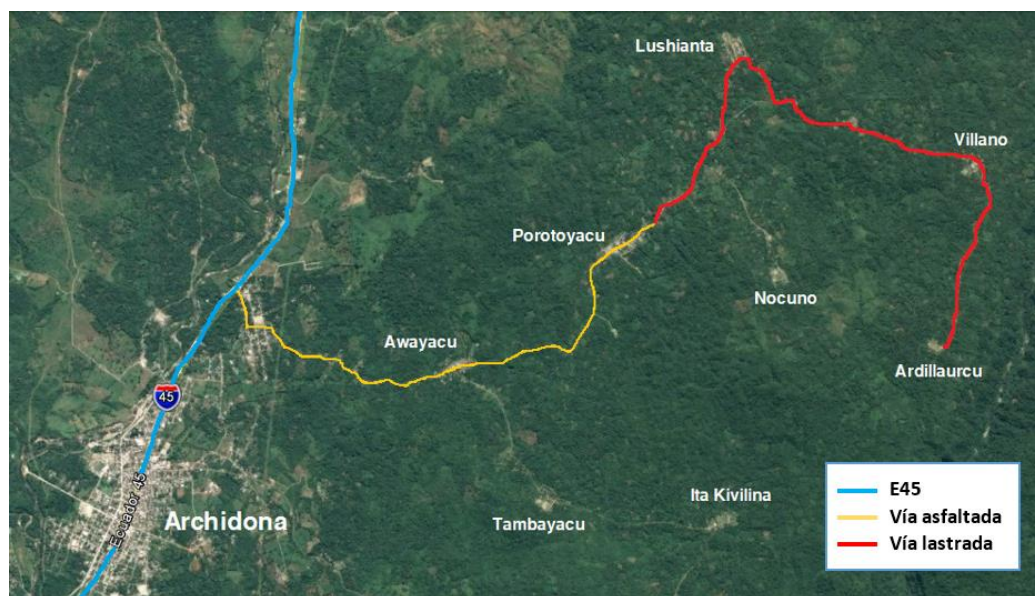


Figura 4.1 Vía Archidona – Porotoyacu - Ardillaurcu.

Fuente: Mejía, M., Muñoz, H., 2018.

De acuerdo con el inventario vial del GAD Parroquial de San Pablo de Ushpayacu, el tramo de vía desde Archidona hasta Porotoyacu, con una

longitud de 6,5 km, se encuentra asfaltada y en buenas condiciones, mientras que el tramo desde Porotoyacu hasta Ardillaurcu, con una longitud de 9 km, se encuentra lastrada y en malas condiciones.

El tramo de vía lastrado es de gran importancia ya que conecta a 5 comunidades con la Troncal Amazónica y es la principal ruta de comercio para los habitantes y agricultores de la zona.

Tabla XIX. Población y producción de comunidades.

Comunidad	Población	Productos agrícolas
Ardillaurcu	180	Cacao, naranjilla, café.
Lushianta	317	Cacao, naranjilla, wayusa.
Nocuno	163	Cacao, wayusa.
Porotoyacu	895	Cacao, naranjilla, wayusa, café.
Villano	339	Cacao, naranjilla, wayusa, café.

Fuente: GAD Parroquial de San Pablo de Ushpayacu, 2015.

4.2 Determinación del área de influencia.

Es aquella área, zona o región del medio ambiente que se verá afectada, directa o indirectamente, por la ejecución del proyecto. En estas áreas, se identificarán los aspectos y posibles impactos ambientales de carácter significativo, poco significativo y no significativo, sobre la totalidad del

medio ambiente. Por lo tanto, se definen a continuación las áreas de influencia directa e indirecta.

4.2.1 Área de influencia directa.

Esta área se la definió tomando en consideración la intervención directa que tendrían las diferentes acciones previstas en el proyecto, tanto en la fase de construcción y operación, sobre los diferentes factores ambientales.

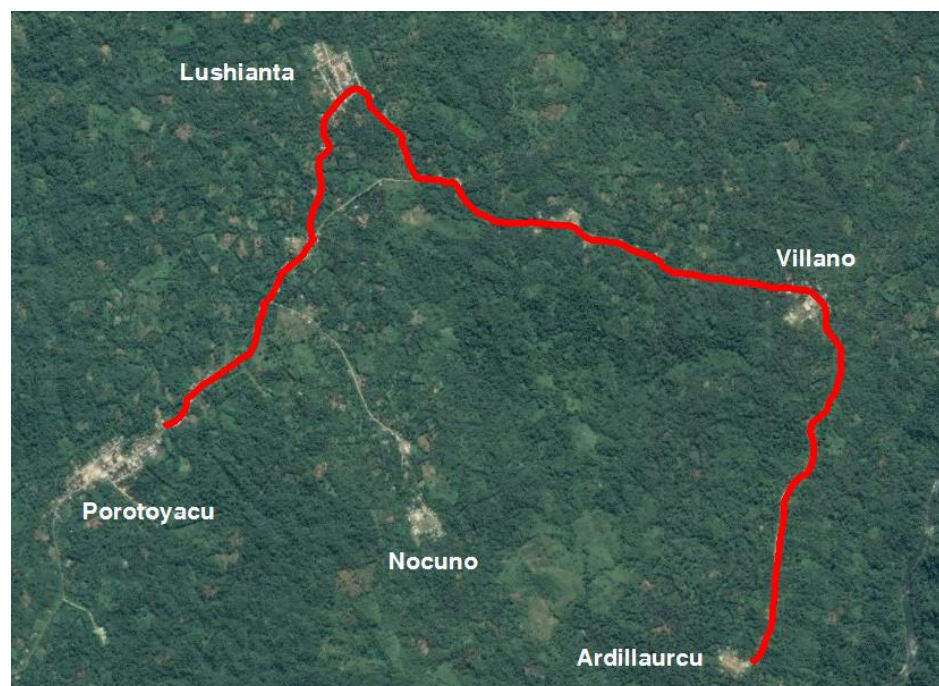


Figura 4.2 Trazado de la vía propuesta.
Fuente: Mejía, M., Muñoz, H., 2018.

La Figura 4.2 muestra el trazado de la vía propuesta, para su mejoramiento por medio de la estabilización con asfaltita. Se ha considerado un corredor de 50 m de ancho en toda la extensión de

la vía, 25 m a cada lado del eje vial. Ésta será el área de influencia directa ya que será donde se desarrollará el proyecto.

4.2.2 Área de influencia indirecta.

Está definida por una franja de 250 m de cada lado del eje vial. La franja define la zona de afectación indirecta, en la cual se pueden generar impactos ambientales producidos por las actividades a desarrollar.



Figura 4.3 Franja del área de influencia indirecta.
Fuente: Mejía, M., Muñoz, H., 2018.

4.3 Identificación de aspectos e impactos ambientales.

La zona de influencia de la vía Porotoyacu – Ardillaurcu presenta un grado significativo de intervención antrópica, sobre todo del tipo agrícola. Los

aspectos e impactos ambientales generados por el mejoramiento vial, para la fase constructiva y operativa, están detallados en la siguiente tabla:

Tabla XX. Matriz de aspectos e impactos ambientales.

Fase	Actividades	Aspectos Ambientales	Impactos Ambientales
Construcción	Instalación de campamento	Generación de ruido	Afectación en la flora, fauna y salud humana de la zona de influencia
		Demanda de mano de obra calificada y no calificada	Mejora de la economía local
	Desbroce de maleza y cobertura vegetal	Generación de gases de combustión	Alteración de la calidad del aire
		Generación de material particulado	Alteración de la calidad del aire
		Generación de ruido	Afectación en la flora, fauna y salud humana de la zona de influencia
		Generación de desechos	Agotamiento de la vida útil del relleno sanitario
		Demanda de mano de obra calificada	Mejora de la economía local
	Movimiento de tierras (replanteo y nivelación)	Generación de gases de combustión	Alteración de la calidad del aire
		Generación de material particulado	Alteración de la calidad del aire
		Generación de ruido	Afectación en la flora, fauna y salud humana de la zona de influencia
		Demanda de mano de obra calificada	Mejora de la economía local

	Obras menores	Generación de desechos	Acumulación de escombros
		Demanda de mano de obra calificada	Mejora de la economía local
	Retiro del campamento y abandono del área	Generación de ruido	Afectación en la flora, fauna y salud humana de la zona de influencia
		Demanda de mano de obra calificada y no calificada	Mejora de la economía local
Operación	Operación del proyecto	Generación de gases de combustión	Alteración de la calidad del aire
		Generación de ruido	Afectación en la flora, fauna y salud humana de la zona de influencia
		Generación de beneficios para los usuarios de la vía y habitantes	Mejora de la calidad de vida y economía local

Fuente: Mejía, M., Muñoz, H., 2018.

4.3.1 Impactos en la flora.

La flora del área de influencia indirecta presenta un alto grado de biodiversidad. Dentro del área de influencia directa, algunos de los terrenos han sido intervenidos por los pobladores para el cultivo de cacao, banano, yuca, naranjilla y café. El impacto que se puede generar en estas zonas de cultivos es de poca significancia y de fácil reversibilidad.

4.3.2 Impactos en la fauna.

La fauna del área de influencia directa e indirecta presenta un alto grado de biodiversidad. Sin embargo, para la evaluación de impactos, y dadas las características del proyecto, la afectación a la fauna es de poca significancia y de fácil recuperabilidad.

4.3.3 Impactos en el paisaje.

La afectación al paisaje es casi nula ya que no se construirá una nueva vía sino que se mejorará la vía ya existente, en algunos tramos se requiere realizar desbroce de maleza y cobertura vegetal para cumplir con el ancho mínimo de 6 metros.

4.3.4 Impactos en la calidad del aire.

El recurso aire es afectado, durante las fases de construcción y operación, debido a la generación de gases de combustión desde fuentes móviles y ruido proveniente de maquinarias y vehículos. Hay que destacar que estos efectos son muy puntuales, de baja intensidad y de fácil reversibilidad. Sin embargo, en la fase operativa el impacto se mantendrá de manera continua pero de poca significancia, ya que el área de influencia directa del proyecto es netamente agrícola y forestal, y las principales comunidades del

sector se encuentran dentro del área de influencia indirecta del proyecto.

4.3.5 Impactos en la calidad del suelo.

El impacto al recurso suelo puede ser negativo debido a las posibilidades de ocurrencia de derrames de combustibles, aceites y lubricantes durante la operación de la maquinaria y equipo caminero. La ocurrencia de este impacto puede llegar a ser irreversible.

4.3.6 Impactos socioeconómicos.

El proyecto vial producirá un impacto positivo ya que representará una oportunidad de trabajo para las comunidades de la zona y generará beneficios directos e indirectos a sus pobladores. Cabe recalcar que, durante la fase constructiva, se podrían generar accidentes laborales en aquellas actividades ligadas al uso de maquinarias y equipo caminero, para lo cual se deberá implementar un plan de capacitaciones y de seguridad y salud ocupacional.

4.4 Valoración y evaluación de aspectos ambientales.

La valoración de aspectos ambientales se la realiza en base a criterios de magnitud y peligrosidad, según las características de dichos aspectos, que

asignan un puntaje o ponderación, en términos cualitativos y cuantitativos. Los criterios para la valoración de los aspectos identificados en el proyecto, están detallados en las siguientes tablas:

Tabla XXI. Criterios de magnitud.

	Criterio	Calificación Cualitativa	Calificación Cuantitativa
Frecuencia	Duración mayor a 8 horas diarias.	Alta	3
	Duración entre 4 y 8 horas diarias.	Media	2
	Duración menor a 4 horas diarias.	Baja	1
Cantidad	> 500 kg/semana	Alta	3
	101 - 500 kg/semana	Media	2
	< 100 kg/semana	Baja	1

Fuente: Mejía, M., Muñoz, H., 2018.

Tabla XXII. Criterios de peligrosidad.

Aspecto ambiental	Criterio	Calificación Cualitativa	Calificación Cuantitativa
Generación de desechos	Desechos peligrosos	Alta	3
	Desechos especiales	Media	2
	Desechos no peligrosos que se destinan a valorización, reciclaje o reutilización y residuos urbanos	Baja	1
Generación de ruido	Más de 71 dB	Alta	3
	De 56 a 70 dB	Media	2

	Menos de 55 dB	Baja	1
Generación de material particulado PM 10	Más de 100 ug/m ³ en 24 horas	Alta	3
	50 - 99 ug/m ³ en 24 horas	Media	2
	Menos de 49 ug/m ³ en 24 horas	Baja	1
Generación de gases de combustión	Contenido de CO en los gases de combustión > 1001 ppm, debido a la combustión de carbón y sustancias especiales altamente tóxicas y nocivas.	Alta	3
	Contenido de CO en los gases de combustión entre 501 y 1000 ppm, debido a la combustión de combustibles fósiles. Emisión de COV's, SOx, NOx, NH3, CFC y demás partículas con diámetro menor de 10 µm.	Media	2
	Contenido de CO en los gases de combustión < 500 ppm, debido a la combustión de gas natural. Emisión de partículas inertes, no metálicas y diámetro mayor de 10 µm.	Baja	1
Demanda de mano de obra calificada y no calificada	Demanda mano de obra (Producción manual)	Alta	3
	Demanda mano de obra mixta	Media	2
	Sólo mano de obra calificada (Producción automatizada)	Baja	1

Fuente: Mejía, M., Muñoz, H., 2018.

La Tabla XXIII muestra la respectiva valoración de los aspectos ambientales, que se realizó en base a los criterios establecidos en las tablas XXI y XXII.

Tabla XXIII. Matriz de evaluación de aspectos ambientales.

Aspecto Ambiental	Magnitud	Peligrosidad	Evaluación Total	Nivel de Significancia del Aspecto
Generación de ruido	2	3	6	Significativo
Demanda de mano de obra calificada y no calificada	2	3	6	Significativo
Generación de gases de combustión	2	2	4	Poco Significativo
Generación de material particulado	2	2	4	Poco Significativo
Generación de desechos	3	1	3	Poco Significativo
Generación de beneficios para los usuarios de la vía y habitantes	3	N/A	3	Poco Significativo

Fuente: Mejía, M., Muñoz, H., 2018.

4.5 Valoración y evaluación de impactos ambientales.

La valoración y evaluación de los impactos ambientales se la hace en base a criterios de magnitud e importancia.

Para medir la magnitud del impacto, se divide el número de veces que el impacto afecta a los factores ambientales para el número total de estos y multiplicado por 100. Si el resultado es mayor a 75 se considera de magnitud muy alta, si está entre 74 y 50 se considera alta, si está entre 49 y 25 se considera media y si es menor a 25 se considera baja.

Para medir el nivel de importancia del impacto, se realiza la sumatoria de todos los criterios de importancia, tomando en cuenta que, el criterio de intensidad se debe multiplicar por 3 y el de extensión por 2.

Tabla XXIV. Criterios de importancia.

	Consideración	Criterio	Valoración
Intensidad	Baja	< 2 factores	1
	Media	2 - 3 factores	2
	Alta	4 - 5 factores	4
	Muy Alta	> 5 factores	8
Extensión	Puntual	Dentro del lindero	1
	Parcial	Hasta 500 m	2
	Total	De 500 a 1000 m	4
	Crítico	Más de 1000 m	8
Momento	Largo plazo	Más de 5 años	1
	Medio plazo	De 1 a 5 años	2
	Corto plazo	Hasta 1 año	4
	Inmediato	En pocas horas	8
Persistencia	Fugaz	Menor a 4 horas diarias	1
	Estacional	De 4 a 12 horas diarias	2
	Permanente	Duración continua	4

Reversibilidad	Corto plazo	Menor a 1 año	1
	Medio plazo	Mayor a 1 año	4
	Largo plazo	Irreversible	8
Sinergia	No es sinérgico	1 factor	1
	Sinérgico	2 - 3 factores	2
	Medianamente sinérgico	4 - 6 factores	4
	Muy sinérgico	> 7 factores	8
Acumulación	No se acumula	No hay incremento del impacto al continuar la actividad	1
	Parcial	Poco incremento del impacto al continuar la actividad	2
	Alta	Incremento total del impacto al continuar la actividad	4
Efecto	Indirecto	El impacto generado no es consecuencia directa de la acción	2
	Directo	El impacto generado es consecuencia directa de la acción	4
Periodicidad	Discontinuo	Se produce de manera irregular en el tiempo	2
	Periódico	Se produce de manera cíclica	4
	Continuo	Se produce de manera continua	8
Recuperabilidad	Inmediato	Menos de 1 año	1
	Medio plazo	De 1 a 5 años	2
	Largo plazo	Mayor a 5 años	4
	Irrecuperable	Nunca	8

Fuente: Mejía, M., Muñoz, H., 2018.

Si el resultado de la sumatoria, de los criterios de importancia, es mayor a 75 se considera crítico, si está entre 74 y 50 se lo considera severo, si está entre 49 y 25 se considera moderado y si es menor a 25 se considera irrelevante.

La evaluación final, para determinar el nivel de significancia de los impactos ambientales identificados, se la hace en base a la siguiente tabla:

Tabla XXV. Nivel de significancia del impacto.

Nivel	Muy Alto	Alto	Medio	Bajo
Crítico	Significativo	Significativo	Poco Significativo	No Significativo
Severo	Significativo	Poco Significativo	Poco Significativo	No Significativo
Moderado	Poco Significativo	Poco Significativo	No Significativo	No Significativo
Irrelevante	Poco Significativo	No Significativo	No Significativo	No Significativo

Fuente: Mejía, M., Muñoz, H., 2018.

Tabla XXVI. Matriz de evaluación por magnitud de impactos.

Impacto Ambiental	Factores Ambientales									Carácter del Impacto	Total	Magnitud del Impacto
	Biótico			Abiótico			Antrópico					
	Flora	Fauna	Paisaje	Suelo	Agua	Aire	Salud	Infraestructura	Empleo	(+ / -)		
Afectación en la flora, fauna y salud humana de la zona de influencia	x	x	x				x		x	-	62.5	Alto
Alteración de la calidad del aire	x	x				x	x			-	50	Medio
Agotamiento de la vida útil del relleno sanitario	x	x		x		x				-	50	Medio
Acumulación de escombros	x	x		x						-	37.5	Bajo
Mejora de la calidad de vida y economía local								x	x	+	25	Bajo

Fuente: Mejía, M., Muñoz, H., 2018.

Tabla XXVII. Matriz de evaluación por importancia de impactos.

Impacto Ambiental	Criterios de Importancia										Total	Importancia del Impacto
	Intensidad	Extensión	Momento	Persistencia	Reversibilidad	Sinergia	Acumulación	Efecto	Periodicidad	Recuperabilidad		
Afectación en la flora, fauna y salud humana de la zona de influencia	4	2	8	2	1	4	4	4	4	2	47	Moderado
Alteración de la calidad del aire	4	2	8	2	4	4	4	4	4	4	50	Severo
Agotamiento de la vida útil del relleno sanitario	4	1	1	2	8	4	4	4	2	8	47	Moderado
Acumulación de escombros	2	1	2	2	1	2	4	4	2	1	26	Moderado
Mejora de la calidad de vida y economía local	2	4	4	4	N/A	2	4	4	8	N/A	40	Moderado

Fuente: Mejía, M., Muñoz, H., 2018.

Tabla XXVIII. Matriz de evaluación de impactos ambientales.

Impacto Ambiental	Magnitud del Impacto	Importancia del Impacto	Nivel de Significancia del Impacto
Afectación en la flora, fauna y salud humana de la zona de influencia	Alto	Moderado	Poco significativo
Alteración de la calidad del aire	Medio	Severo	Poco significativo
Agotamiento de la vida útil del relleno sanitario	Medio	Moderado	No significativo
Acumulación de escombros	Bajo	Moderado	No significativo
Mejora de la calidad de vida y economía local	Bajo	Moderado	No significativo

Fuente: Mejía, M., Muñoz, H., 2018.

4.6 Conclusiones.

Como se puede apreciar en la Tabla XXVIII, el proyecto de mejoramiento vial genera impactos poco significativos, los cuales son posibles de mitigar con la adopción de medidas de prevención que se deberán establecer dentro de un Plan de Manejo Ambiental, prestando especial atención a aquellos impactos que afectan al aire, flora, fauna y salud humana.

Adicionalmente, el Plan de Manejo Ambiental se debe orientar a proponer acciones y medidas correctivas para los posibles impactos ambientales generados de la actividad, a fin de evitar su ocurrencia.

CAPÍTULO 5

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

5.1 Granulometría.

De acuerdo con lo establecido en el manual de especificaciones del MTOP, las bases de agregados se clasifican en cuatro tipos de clases, bajo ciertas especificaciones técnicas a seguir.

Observando la gráfica granulométrica realizada con el material a emplear (Ver Figura 5.1), se obtiene que ésta se encuentra dentro de las especificaciones descritas para Base Clase 1 - Tipo A, ya que está constituida por agregados gruesos y finos, triturados en un 100% y graduados uniformemente dentro de los límites granulométricos indicados en la Tabla XXIX.

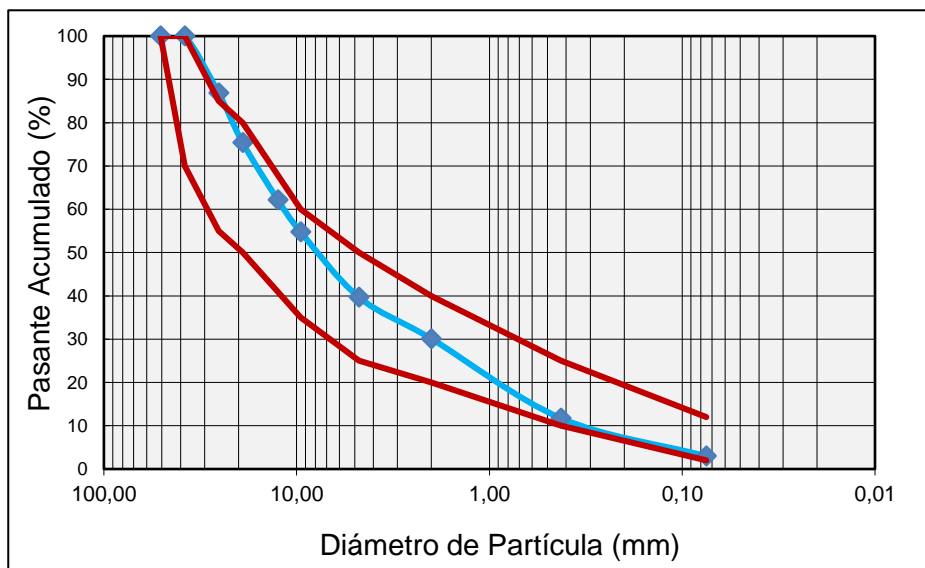


Tabla XXIX. Límites granulométricos de Base Clase 1.

Tamiz	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada.	
	Tipo A	Tipo 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
No. 4 (4,75 mm)	25 – 50	30 – 60
No. 10 (2,0 mm)	20 – 40	20 – 50
No. 40 (0,425 mm)	10 – 25	10 – 25
No. 200 (0,075 mm)	2 – 12	2 – 12

Fuente: Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones, 2002.

Además de ser un material no plástico ya que del pasante del tamiz n°40 el límite líquido es menos a 25 y el índice plástico es menor a 6.

Ésta granulometría fue comprobada mediante los ensayos ASTM D-2940, ASTM C-136 y ASTM C-117, donde se obtuvo una clasificación **SUCS: GW/GP** y **ASSHTO: A-1-a**.

5.2 Proctor Modificado.

Este ensayo se basa en la compactación del material, esto es disminuir la cantidad de vacíos en el suelo, obligando a las partículas a un contacto más cercano entre sí, es decir, un aumento de la densidad del material determinado. Al realizar este ensayo de compactación mediante la norma ASTM D-1557, los resultados obtenidos del material ensayado con los diferentes porcentajes de la arena bituminosa "asfaltita" demuestran que

el empleo de este material es viable para el uso de una base estabilizada, ya que la densidad de un material de base esta siempre alrededor de un rango de 2100 kg/m³ a 2300 kg/m³. (Ver Tabla XXX).

Tabla XXX. Tabla comparativa de Humedad óptima – Densidad máxima.

	Base granular	Base + Asphaltita 10%	Base + Asphaltita 15%	Base + Asphaltita 20%
Humedad óptima	7,8%	7,2%	8,0%	8,2%
Densidad máxima	2.361 kg/m ³	2.212 kg/m ³	2.174 kg/m ³	2.168 kg/m ³

Fuente: Mejía, M., Muñoz, H., 2018.

Un factor determinante para su aplicación es la relación costo – beneficio ya que disminuirá la cantidad de material granular al momento de mezclar con el material bituminoso, alcanzando la densidad requerida para la ejecución de obras de mejoramiento vial.

A continuación, se muestran las gráficas de los ensayos obtenidos en el laboratorio con sus respectivos resultados.

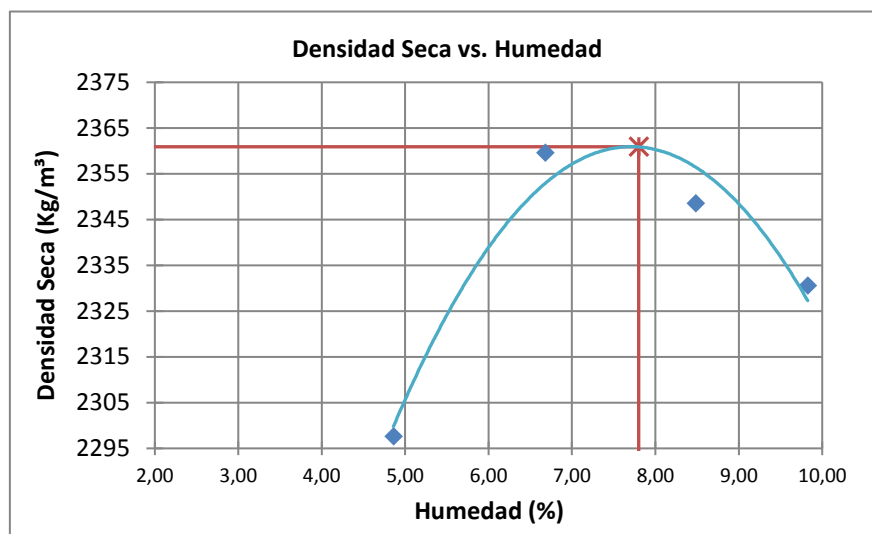


Figura 5.2 Curva de compactación de material de base granular.

Fuente: Mejía, M., Muñoz, H., 2018.

La Figura 5.2 muestra la curva de compactación del material de base granular donde se puede apreciar su humedad óptima de 7,8% con densidad de 2.361 kg/m³.

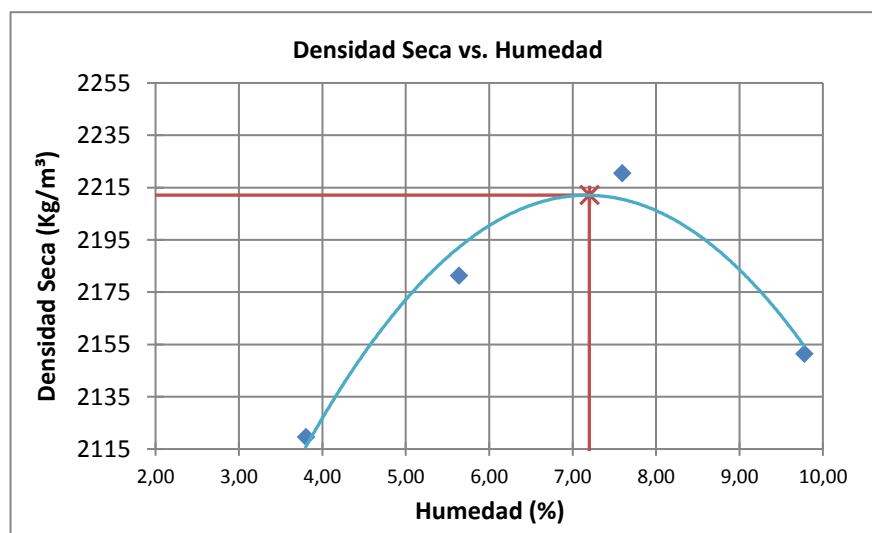


Figura 5.3 Curva de compactación de material de base más asfáltica 10%.

Fuente: Mejía, M., Muñoz, H., 2018.

La curva de compactación del material de base granular más el 10 % en peso de asfaltita se observa en la Figura 5.3 donde el contenido de humedad óptima es de 7,2 % con una densidad máxima de 2.212 kg/m³.

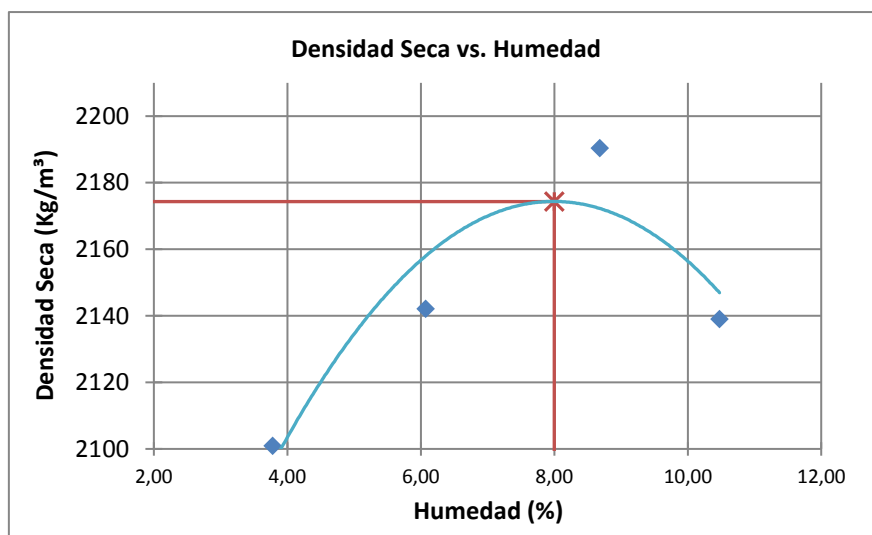


Figura 5.4 Curva de compactación de material de base más asfaltita 15%.

Fuente: Mejía, M., Muñoz, H., 2018.

En la Figura 5.4, se observa que el contenido de humedad óptima de la base granular más asfaltita al 15% es de 8% con una densidad máxima de 2.174 kg/m³.

Finalmente, en la Figura 5.5 se puede observar que en la curva de compactación del material de base granular con 20% de asfaltita, se tiene una humedad óptima de 8,2% con una densidad máxima de 2.168 kg/m³.

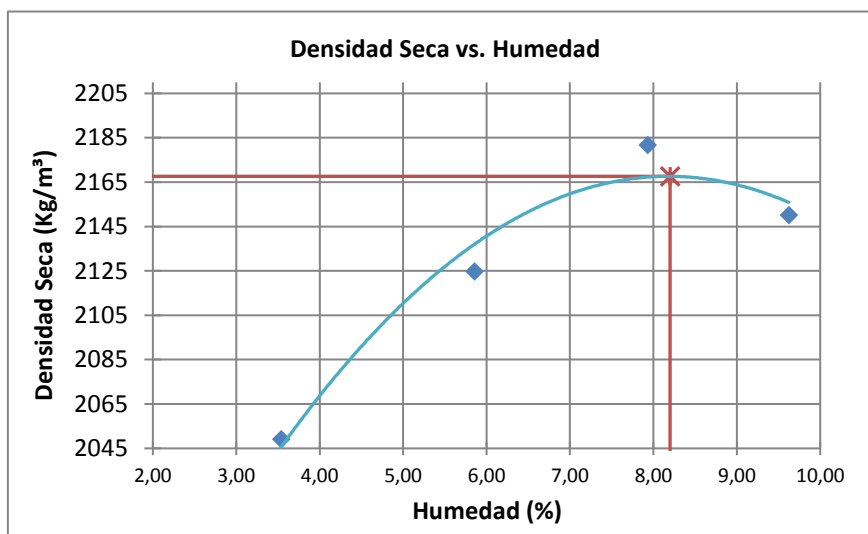


Figura 5.5 Curva de compactación de material de base más asfaltita 20%.

Fuente: Mejía, M., Muñoz, H., 2018.

5.3 CBR – Valor soporte del suelo.

El ensayo CBR mide la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo y permite evaluar la calidad de un material que podrá ser usado para subrasante, sub base y base de pavimentos. Se debe realizar siempre con un control de humedad y densidad que son proporcionados por el ensayo de compactación. La norma ASTM D-1883 otorga los procedimientos a seguir para ejecutar el ensayo.

Al realizar este estudio se elaboraron dos muestras para cada una de las combinaciones de agregado y asfaltita, cada muestra difiere en el número de golpes por capas, donde la primera muestra tiene 61 golpes por capa mientras que la segunda 27 golpes por capa. En total se elaboraron 8 muestras.

Para el material de base granular se obtuvo un porcentaje de CBR del 67,90% para la muestra 1 y de 36,69% para la muestra 2 como se indica en la tabla XXXI.

Tabla XXXI. Valor CBR para muestras de base granular.

Molde No. :	1	6
% Compactación :	99,60 %	96,72 %
Presión :	475,31 lb/pulg ²	366,85 lb/pulg ²
VALOR CBR :	67,90 %	36,69 %

Fuente: Mejía, M., Muñoz, H., 2018.

Donde se dice que dichas muestras no son aptas para base granular ya que éstas no son igual o mayor al 80%. Por lo tanto entra en el rango de sub-base debido a que éstas son mayores al 30% según establece el manual del MTOP.

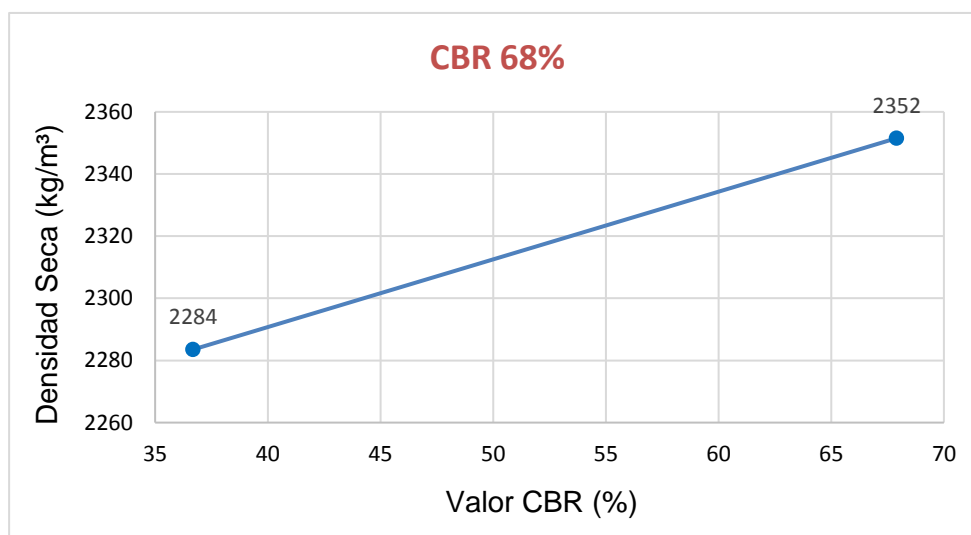


Figura 5.6 Relación densidad seca vs valor CBR de base granular.

Fuente: Mejía, M., Muñoz, H., 2018.

De la Figura 5.6 se puede apreciar un valor de densidad seca de 2.352 kg/m³ al 67,90% de CBR y con 36,69% de valor CBR se obtuvo una densidad de 2.284 kg/m³.

Las presiones dadas en la tabla XXXI se las alcanzó a una penetración de 0,1 pulgadas, al momento de tomar dichas lecturas.

Por otra parte, se tiene a los ensayos de base granular más asfaltita al 10% (Ver Tabla XXXII).

Tabla XXXII. Valor CBR para muestras de base granular más asfaltita 10%.

Molde No. :	1	6
% Compactación :	99,99 %	95,67 %
Presión :	507,21 lb/pulg ²	452,98 lb/pulg ²
VALOR CBR :	72,46 %	45,30 %

Fuente: Mejía, M., Muñoz, H., 2018.

Que indican un valor CBR de 72,46% para la primera muestra y de 45,30% para la segundo, y visualizando la figura 5.7, se sabe que sus respectivas densidades secas son de 2.212 kg/m³ y de 2.116 kg/m³.

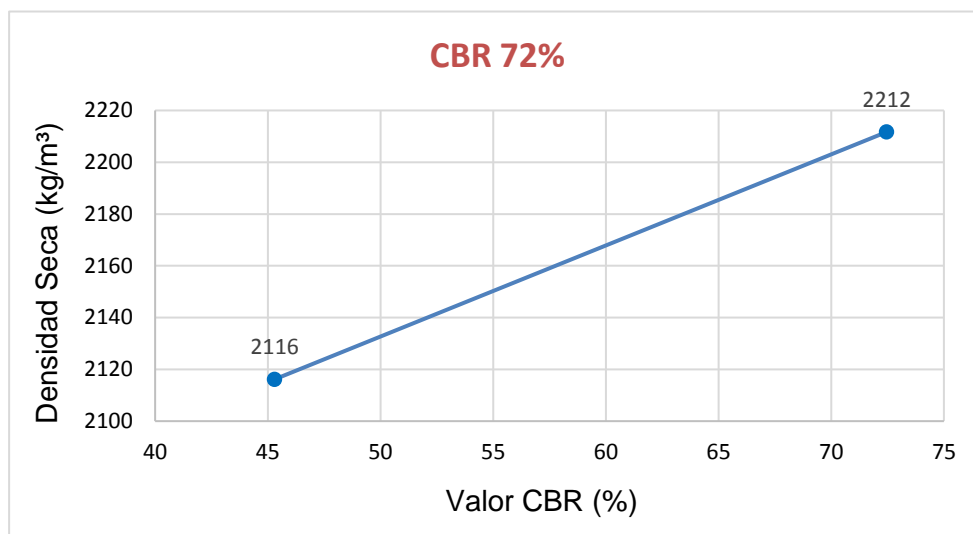


Figura 5.7 Relación densidad seca vs valor CBR de base granular más asfaltita 10%.

Fuente: Mejía, M., Muñoz, H., 2018.

Estos valores obtenidos determinan que el material entra en el rango de las subbases, según las especificaciones del MTOP.

Luego, se tienen las muestras de base granular más asfaltita al 15%, donde el valor CBR de la primera muestra es de 80,21% y la segunda de 50,72%. Dado que el primero es mayor o igual al 80% según lo establecido en el manual del MTOP, esta combinación de materiales es apta para ser usada como base.

Tabla XXXIII. Valor CBR para muestras de base granular más asfaltita 15%.

Molde No. :	1	6
% Compactación :	101,71 %	98,08 %
Presión :	561,44 lb/pulg ²	507,21 lb/pulg ²
VALOR CBR :	80,21 %	50,72 %

Fuente: Mejía, M., Muñoz, H., 2018.

Las presiones otorgadas en la tabla XXXIII se las determinaron a una penetración de 0,1 pulgadas, al momento de tomar las lecturas.

Las densidades secas respectivas para los ensayos son de 2.211 kg/m³ y 2.132 kg/m³ para la base granular más asfaltita al 15% (Ver Figura 5.8).

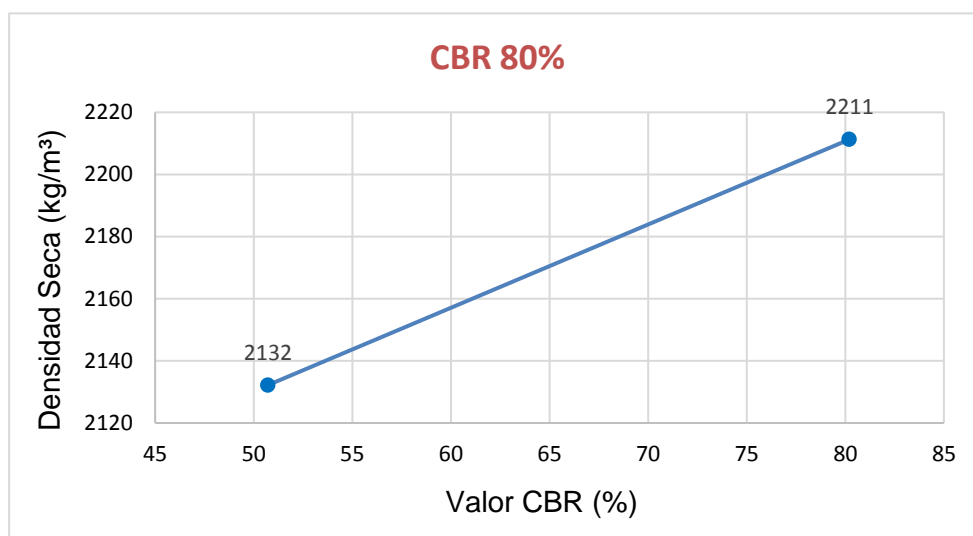


Figura 5.8 Relación densidad seca vs valor CBR de base granular más asfaltita 15%.

Fuente: Mejía, M., Muñoz, H., 2018.

Por último, se tiene a la base granular más asfaltita al 20% con sus valores respectivos detallados en la tabla XXXIV.

Tabla XXXIV. Valor CBR para muestras de base granular más asfaltita 20%.

Molde No.	18	X
% Compactación :	101,95 %	98,03 %
Presión :	631,62 lb/pulg ²	535,92 lb/pulg ²
VALOR CBR :	90,23 %	53,59 %

Fuente: Mejía, M., Muñoz, H., 2018.

En el cual el primer espécimen cumple con el rango requerido para ser utilizado como una base, en tanto el segundo se comporta como una subbase por no cumplir el requerimiento establecido.

Para un CBR de 90,23% se tiene una densidad seca de 2.210 kg/m³ y para un CBR de 53,59% se obtuvo una densidad de 2.125 kg/m³. (Ver Figura 5.9).

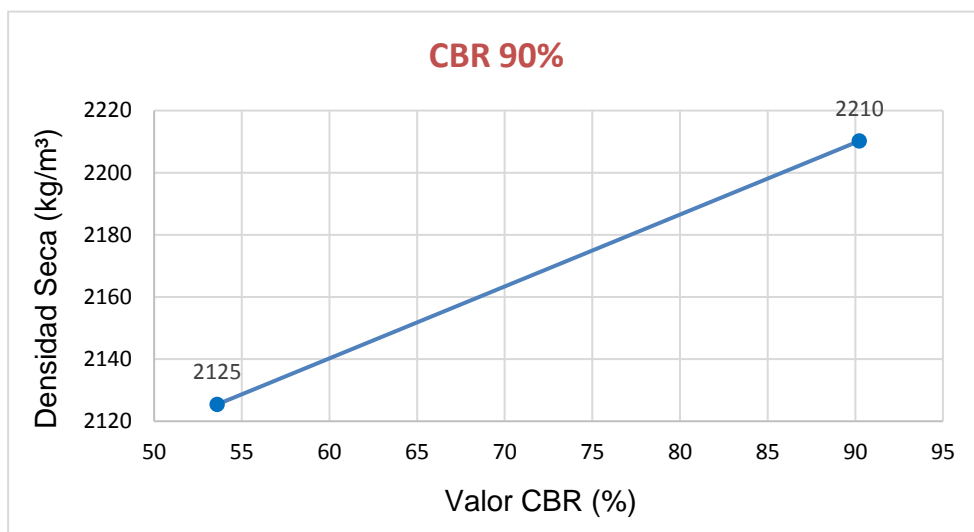


Figura 5.9 Relación densidad seca vs valor CBR de base granular más asfaltita 20%.

Fuente: Mejía, M., Muñoz, H., 2018.

Las lecturas de las presiones de la tabla XXXIII se las indicó a una penetración de 0,1 pulgadas.

5.4 Resistencia a la compresión simple.

El ensayo de compresión simple se realiza con el fin de determinar la resistencia o esfuerzo último de un suelo cohesivo a la compresión no

confinada, mediante la aplicación de una carga axial con control de deformación y utilizando una muestra de suelo tallada en forma de cilindro donde la altura debe ser de dos a tres veces la medida del diámetro.

Los ensayos realizados fueron comprobados con la norma ASTM D-2166, los cuales se tomaron bajo las diferentes edades de uno y siete días para las diversas muestras que se tiene.

Para el material granular se tomaron 3 moldes. La tabla XXXV, indica los porcentajes de humedad y densidad húmeda de cada espécimen.

Tabla XXXV. Porcentajes de humedad y densidad húmeda de cada espécimen de base granular.

Molde No. :	1	2	3
Densidad Húmeda :	2287 kg/m ³	2314 kg/m ³	2306 kg/m ³
Prom. % Humedad :	7,77	7,79	7,83

Fuente: Mejía, M., Muñoz, H., 2018.

Con los datos mostrados se procedió a realizar las lecturas para las edades antes mencionadas.

A la edad de 1 día se obtuvieron las distintas resistencias a la compresión simple, sacando de éstas un promedio de 0,79 kg/cm² el cual nos indica que la muestra alcanza el esfuerzo último que soportaría la base granular empleada ante la falla. (Ver Tabla XXXVI).

Tabla XXXVI. Promedio de resistencia entre las tres probetas de base granular al primer día.

Molde No. :	1	2	3
Resistencia :	0,74 kg/cm ²	0,75 kg/cm ²	0,88 kg/cm ²
Prom. Resistencia :	0,79 kg/cm²		

Fuente: Mejía, M., Muñoz, H., 2018.

En la Figura 5.10, se puede observar el comportamiento de las probetas al momento de tomar las lecturas del ensayo.

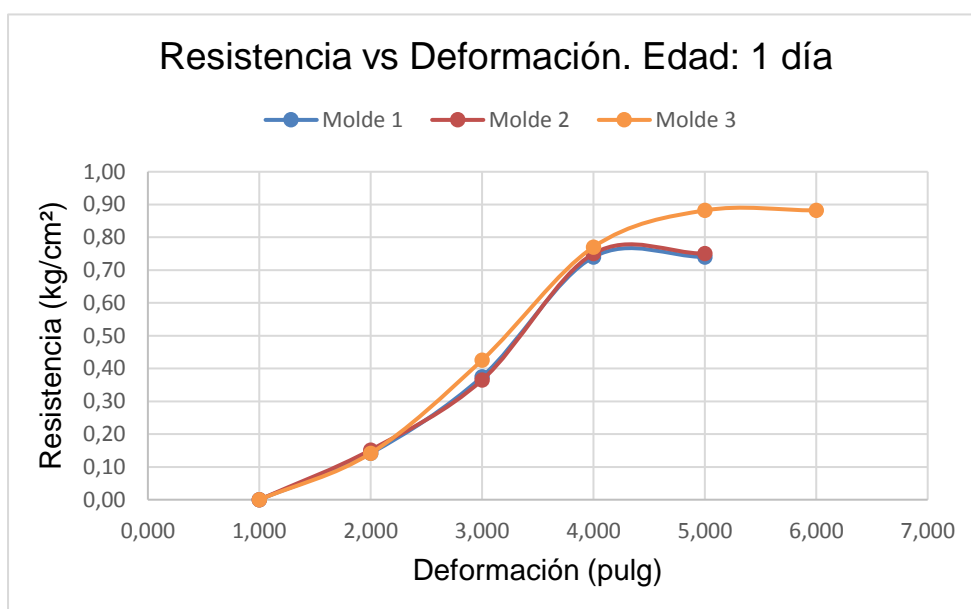


Figura 5.10 Curva de Resistencia vs Deformación de base granular al primer día.

Fuente: Mejía, M., Muñoz, H., 2018.

Luego de transcurrir 7 días se realizó las mediciones de las probetas respectivas para conocer cómo actúan. Las características de densidad húmeda y porcentaje de humedad son iguales a los anteriores ya que es el mismo material.

Tabla XXXVII. Promedio de resistencia entre las tres probetas de base granular al séptimo día.

Molde No. :	1	2	3
Resistencia :	3,82 kg/cm ²	3,78 kg/cm ²	3,81 kg/cm ²
Prom. Resistencia :	3,81 kg/cm²		

Fuente: Mejía, M., Muñoz, H., 2018.

El valor de la resistencia promedio a los días referidos es de 3,81 kg/cm² lo cual nos dice que al pasar el tiempo ésta toma mayor resistencia ya sea porque tiene mejor confinamiento entre las partículas del componente.

Una gráfica representativa de la conducta a los 7 días de las muestras se puede apreciar en la gráfica 5.11 donde nos ratifica la resistencia previa a la falla.

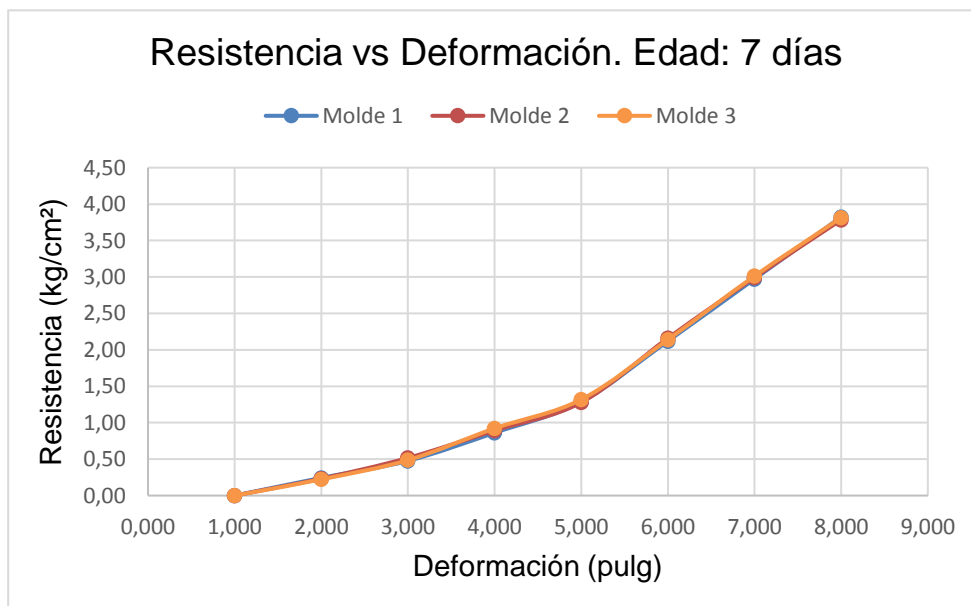


Figura 5.11 Curva de Resistencia vs Deformación de base granular al séptimo día.

Fuente: Mejía, M., Muñoz, H., 2018.

Por otro lado, se tiene la base granular más asfaltita al 10% con porcentajes de humedad y densidades húmedas que se pueden apreciar en la tabla XXXVIII.

Tabla XXXVIII. Porcentajes de humedad y densidad húmeda de cada espécimen de base granular más asfaltita 10%.

Molde No. :	4	5	6
Densidad Húmeda :	2192 kg/m ³	2201 kg/m ³	2174 kg/m ³
Prom. % Humedad :	7,23	7,27	7,21

Fuente: Mejía, M., Muñoz, H., 2018.

Con estos datos se procedió a tomar las lecturas al primer y séptimo día los cuales arrojaron los siguientes resultados:

Tabla XXXIX. Promedio de resistencia entre las tres probetas de base granular más asfaltita 10% al primer día.

Molde No. :	4	5	6
Resistencia :	1,30 kg/cm ²	1,12 kg/cm ²	1,07 kg/cm ²
Prom. Resistencia :	1,16 kg/cm²		

Fuente: Mejía, M., Muñoz, H., 2018.

Tabla XL. Promedio de resistencia entre las tres probetas de base granular más asfaltita 10% al séptimo día.

Molde No. :	4	5	6
Resistencia :	4,29 kg/cm ²	4,26 kg/cm ²	4,11 kg/cm ²
Prom. Resistencia :	4,22 kg/cm²		

Fuente: Mejía, M., Muñoz, H., 2018.

Se puede notar que al primer día la resistencia de 1,16 kg/cm² incrementó a 4,22 kg/cm² para el séptimo día. Esto nos indica, como ya antes se había

mencionado, que al pasar los días la trabazón entre los agregados se da de una manera más eficaz por ende el incremento en su resultado.

Las gráficas 5.12 y 5.13 presentan la resistencia versus la deformación al momento de las lecturas realizadas en el laboratorio.

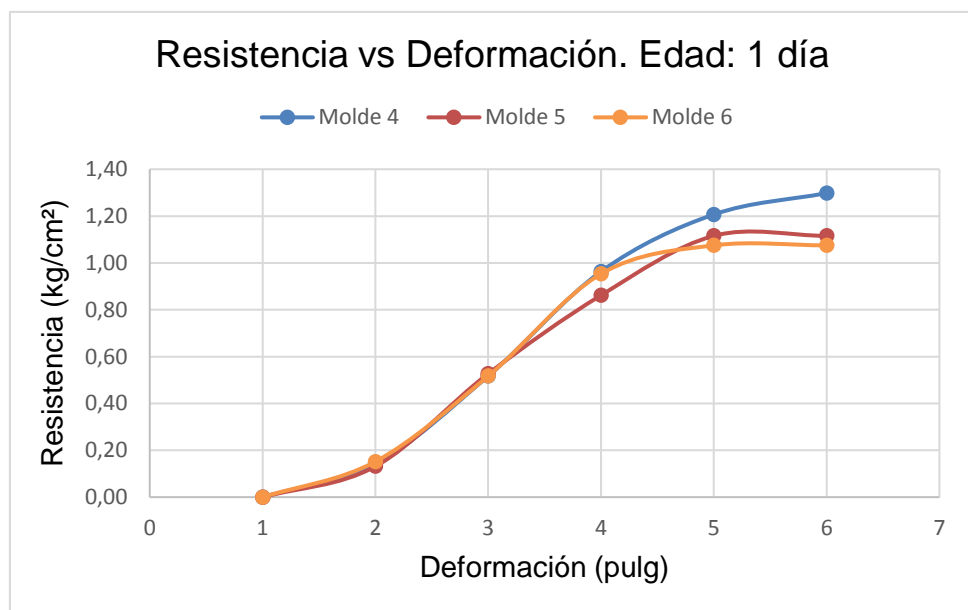


Figura 5.12 Curva de Resistencia vs Deformación de base granular más asfaltita 10% al primer día.
Fuente: Mejía, M., Muñoz, H., 2018.

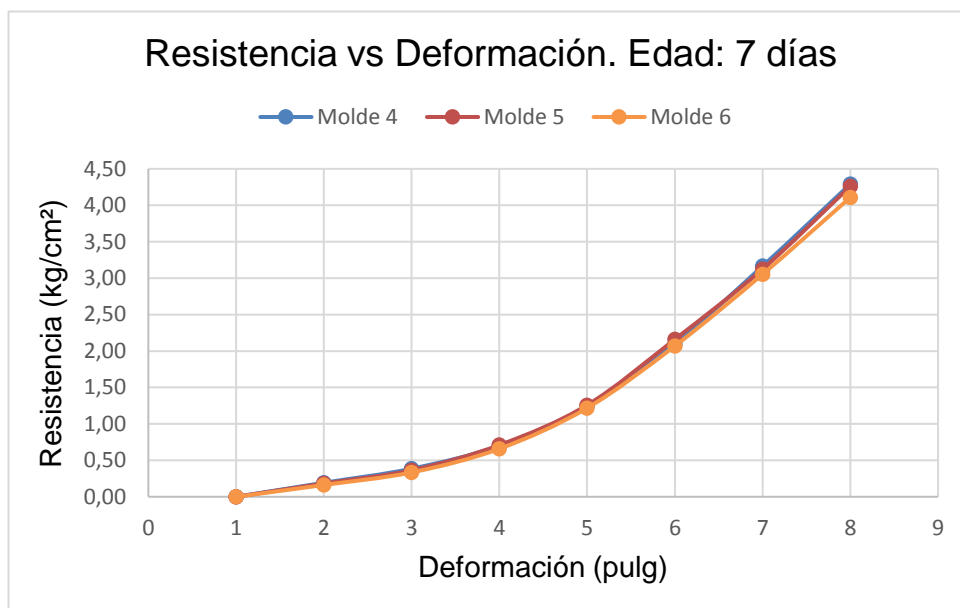


Figura 5.13 Curva de Resistencia vs Deformación de base granular más asfaltita 10% al séptimo día.

Fuente: Mejía, M., Muñoz, H., 2018.

Del mismo modo se tiene a la base granular más asfaltita al 15% donde la densidad y porcentaje de humedad de cada espécimen se encuentra detallada en la tabla XLI.

Tabla XLI. Porcentajes de humedad y densidad húmeda de cada espécimen de base granular más asfaltita 15%.

Molde No. :	7	8	9
Densidad Húmeda :	2190 kg/m ³	2202 kg/m ³	2175 kg/m ³
Prom. % Humedad :	8,07	8,02	8,08

Fuente: Mejía, M., Muñoz, H., 2018.

Con estos valores se dedujo que la resistencia al primer día es de 1,71 kg/cm² y al séptimo día de 4,68 kg/cm², según tablas XLII y XLIII.

Tabla XLII. Promedio de resistencia entre las tres probetas de base granular más asfaltita 15% al primer día.

Molde No. :	7	8	9
Resistencia :	1,76 kg/cm ²	1,71 kg/cm ²	1,64 kg/cm ²
Prom. Resistencia :	1,71 kg/cm²		

Fuente: Mejía, M., Muñoz, H., 2018.

Tabla XLIII. Promedio de resistencia entre las tres probetas de base granular más asfaltita 15% al séptimo día.

Molde No. :	7	8	9
Resistencia :	4,68 kg/cm ²	4,65 kg/cm ²	4,72 kg/cm ²
Prom. Resistencia :	4,68 kg/cm²		

Fuente: Mejía, M., Muñoz, H., 2018.

Un seguimiento de las lecturas se las puede observar en las figuras 5.14 y 5.15, ya que se obtienen valores relacionados entre la resistencia y deformación de las mismas.

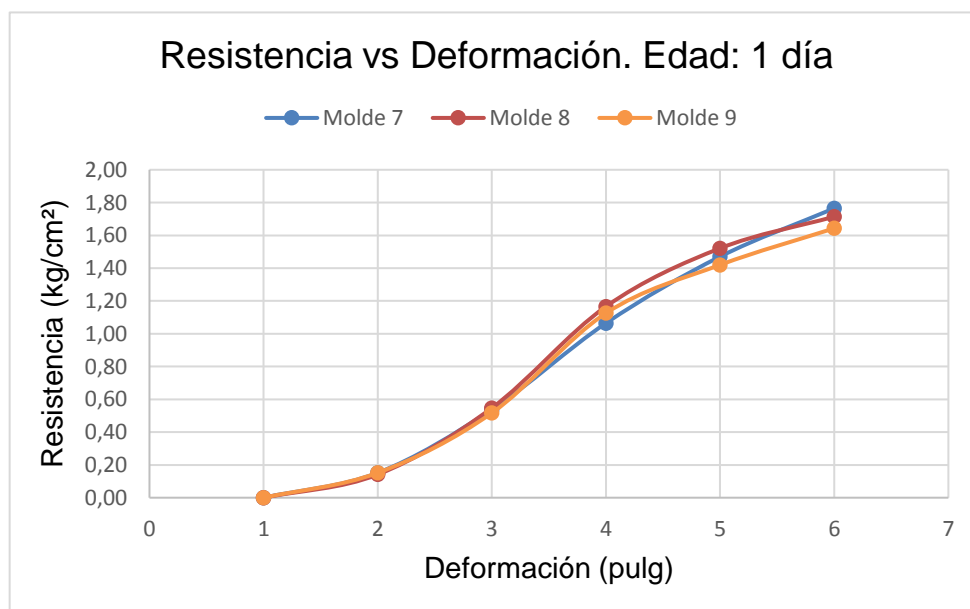


Figura 5.14 Curva de Resistencia vs Deformación de base granular más asfaltita 15% al primer día.

Fuente: Mejía, M., Muñoz, H., 2018.

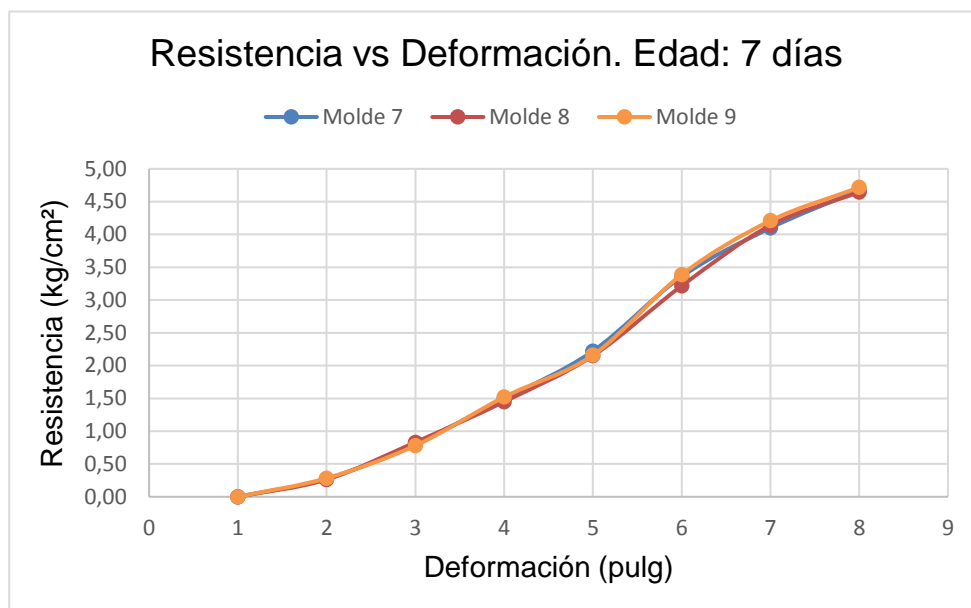


Figura 5.15 Curva de Resistencia vs Deformación de base granular más asfaltita 15% al séptimo día.

Fuente: Mejía, M., Muñoz, H., 2018.

Finalmente, se tienen los especímenes de base granular más asfaltita al 20% con sus respectivas densidades y porcentajes de humedad, detallados en la tabla XLIV.

Tabla XLIV. Porcentajes de humedad y densidad húmeda de cada espécimen de base granular más asfaltita 20%.

Molde No. :	10	11	12
Densidad Húmeda :	2192 kg/m ³	2199 kg/m ³	2176 kg/m ³
Prom. % Humedad :	8,19	8,22	8,18

Fuente: Mejía, M., Muñoz, H., 2018.

Con dichos valores se procede a la toma de las lecturas de los moldes especificados al primer y séptimo día, que dan una resistencia promedio de 2,51 kg/cm² y 5,19 kg/cm² correspondiente a los días mencionados (Ver Tabla XLV y XLVI).

Tabla XLV. Promedio de resistencia entre las tres probetas de base granular más asfaltita 20% al primer día.

Molde No. :	10	11	12
Resistencia :	2,51 kg/cm ²	2,44 kg/cm ²	2,57 kg/cm ²
Prom. Resistencia :	2,51 kg/cm²		

Fuente: Mejía, M., Muñoz, H., 2018.

Tabla XLVI. Promedio de resistencia entre las tres probetas de base granular más asfaltita 20% al séptimo día.

Molde No. :	10	11	12
Resistencia :	5,14 kg/cm ²	5,20 kg/cm ²	5,22 kg/cm ²
Prom. Resistencia :	5,19 kg/cm²		

Fuente: Mejía, M., Muñoz, H., 2018.

Las figuras correspondientes al primer y séptimo día son:

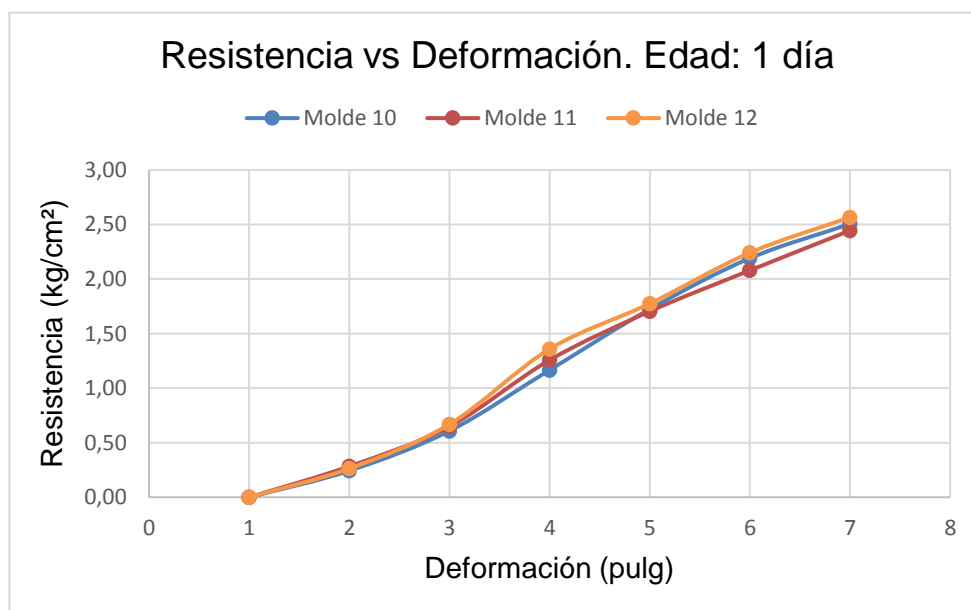


Figura 5.16 Curva de Resistencia vs Deformación de base granular más asfaltita 20% al primer día.

Fuente: Mejía, M., Muñoz, H., 2018.

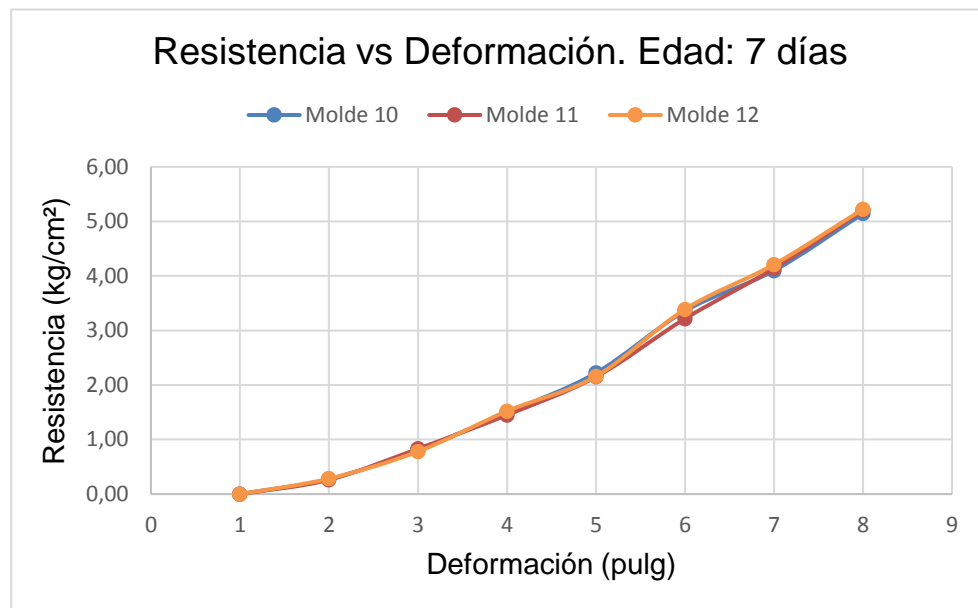


Figura 5.17 Curva de Resistencia vs Deformación de base granular más asfaltita 20% al séptimo día.

Fuente: Mejía, M., Muñoz, H., 2018.

Donde se puede verificar que a mayor porcentaje del agregado bituminoso “asfaltita” la resistencia a compresión simple (q_u) de la muestra de suelo va incrementando; esto se debe, a que el material bituminoso es un ligante entre las partículas de suelo y cohesiona la muestra lo que conlleva a tener una mayor resistencia a la fuerza cortante.

CAPÍTULO 6

PRESUPUESTO

Luego de analizar todos los componentes de las etapas del proyecto, se elaboró un presupuesto referencial del proyecto de mejoramiento de la vía Porotoyacu - Ardillaurcu, el cual comprende excavación y transporte del material “asfaltita” y material granular, nivelación y compactación.

Esta vía tiene una longitud de 9 km, la distancia entre la zona de extracción de materiales y la obra es de 35,6 km, tomando en consideración 0,1 km de centro de gravedad para los cálculos respectivos del transporte de materiales, el cual está incluido en el análisis de precios unitarios que se puede observar en el Anexo E, donde además se muestran a detalle los precios unitarios de operación de maquinaria y equipo caminero, mano de obra y materiales.

Para la elaboración del presupuesto, el tiempo de ejecución del proyecto se estimó en 6 meses. Para la capa de sub-base se asume un espesor promedio de 30 cm, obteniéndose un volumen de 16.200 m³; y, para la capa base se asume un espesor promedio de 20 cm, obteniéndose un volumen de 9.180 m³ de material granular y 1.620 m³ de material “asfaltita”, de acuerdo a una dosificación del 15% en peso de asfaltita. Por lo tanto, se requiere de 25.380 m³ de material granular y 1.620 m³ de material “asfaltita” para la estabilización de la capa base.

De los análisis previamente descritos se obtuvo un presupuesto referencial para la ejecución de la obra de \$1'766.067,67, el cual está detallado en la siguiente tabla:

Tabla XLVII. Tabla de cantidades y precio total de la obra.

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario USD	Precio Total USD
Excavación a máquina	m ³	1.769,30	4,18	7.395,67
Transporte de materiales pétreos	m ³ - km	27.000,00	0,23	6.210,00
Subbase compactado	m ³	16.200,00	50,95	825.390,00
Base estabilizada con 15% de asfaltita	m ³	10.800,00	85,84	927.072,00
TOTAL				1'766.067,67

Fuente: Mejía, M., Muñoz, H., 2018.

CAPÍTULO 7

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

Dentro del objetivo general del presente documento, se logró el diseño de una base estabilizada con asfaltita para su uso en caminos y vías terciarias de la Provincia de Napo.

Como resultado de la presente investigación, se concluye que para el material granular, con una adición del 15% en peso de asfaltita, humedad óptima del 8% y densidad seca máxima de aproximadamente 2.200 kg/m^3 , se alcanza un valor CBR de 80% y $4,68 \text{ kg/cm}^2$ de resistencia a la compresión simple, lo cual es satisfactorio y puede ser usado como material de base en la estructura de un pavimento.

De acuerdo a los ensayos realizados, se puede decir que a mayor dosificación del material asfaltita habrá un mayor incremento en los valores de resistencia y CBR del material granular estabilizado.

Se logró identificar los sitios de explotación del material denominado asfaltita en la Provincia de Napo, siendo el principal y único yacimiento la formación Hollín del Campo Pungarayacu, con una extensión de aproximadamente 100 km^2 .

Dentro del análisis de precios unitarios, para la ejecución del plan piloto de estabilización con asfaltita en la vía Porotoyacu – Ardillaurcu, se obtuvo un

presupuesto referencial de \$1'766.066,67, valor que puede ser invertido, por parte del GAD Provincial de Napo, para el mejoramiento de la vía, ya que según el Plan Estratégico Institucional de dicha entidad se prevé para el año 2018 una inversión total de \$5'020.000,00 en la vialidad de la provincia.

Según la evaluación de impacto ambiental, la implementación o ejecución del proyecto traerá consigo impactos ambientales poco significativos. Lo cual indica que la solución vial propuesta es solidariamente responsable con el medio ambiente.

RECOMENDACIONES

Es recomendable tener en cuenta el tamaño máximo de los agregados de la mezcla estabilizada; ya que, si presenta tamaños demasiado grandes, la mezcla se vuelve difícil de trabajar y producirá superficies muy rugosas; y, si presenta un gran porcentaje de material fino (pasante del tamiz No. 40), será difícil alcanzar valores de resistencia y deformabilidad adecuados, además de esto se producirán superficies lisas y fangosas, en estado húmedo y generar polvaredas en estado seco.

Con la implementación del plan piloto se podrá determinar la durabilidad o vida útil de la base estabilizada con asfaltita. Por ello exhortamos a las entidades pertinentes en la necesidad de la ejecución del plan piloto que podría traer beneficios tanto económicos como sociales a las poblaciones y zonas productivas de la provincia de Napo.

La explotación de los materiales tanto granulares como asfaltita se deberá hacer siguiendo normas de buenas prácticas ambientales para no afectar a la biodiversidad del área de influencia del Campo Pungarayacu.

También es importante que se lleven a cabo estudios geológicos para cuantificar la disponibilidad del material asfaltita en el Campo Pungarayacu y en algún otro yacimiento aún no estudiado.

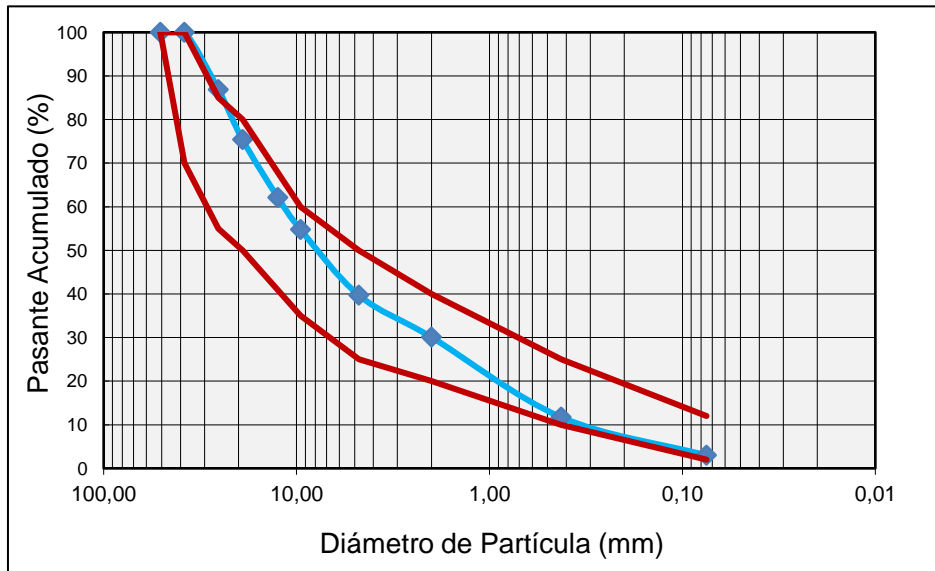
En el caso de que se quiera utilizar el material asfaltita en el diseño de una mezcla asfáltica, será necesario y obligatorio realizar un estudio reológico, de dicho material para conocer sus propiedades físicas y químicas, ya que éstas pueden influir directamente en el comportamiento de la mezcla asfáltica.

ANEXOS

ANEXO A
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO
ASTM C-136 ASTM C-117

PROYECTO :	Materia Integradora
UBICACIÓN :	ESPOL - Guayaquil
FECHA :	2017-12-11
MUESTRA :	Mina Pungarayacu - Provincia de Napo
MATERIAL :	Base Granular
ENSAYADO POR :	Mayra Mejía - Steven Muñoz

TAMIZ		RETENIDO ACUMULADO (g)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PASANTE ACUMULADO (%)	ESPECIFICADO (%)
ASTM	mm.				
2"	50.80	0.00	0.0	100.0	
1 ½"	38.10	0.00	0.0	100.0	
1"	25.40	2528.00	13.2	86.8	
¾"	19.05	4733.00	24.6	75.4	
½"	12.50	7274.00	37.9	62.1	
⅜"	9.53	8689.00	45.3	54.7	
No. 4	4.75	11583.00	60.3	39.7	
Pasa No. 4		7619.00	39.7		
No. 10	2.00	113.20	69.9	30.1	
No.40	0.43	329.70	88.3	11.7	
No. 200	0.08	432.90	97.0	3.0	
Fondo		468.00	100.0	0.0	
TOTAL MUESTRA		19202.00 gr.			



LÍMITES DE ATTERBERG :

LL :	NP
LP :	NP
IP :	NP

CLASIFICACIÓN :

SUCS :	GW/GP
AASHTO :	A-1-a

ANEXO B
ENSAYO DE COMPACTACIÓN
PROCTOR MODIFICADO
ASTM D-1557

PROYECTO :	Materia Integradora
UBICACIÓN :	ESPOL - Guayaquil
FECHA :	2017-12-13
MUESTRA :	Mina Pungarayacu - Provincia de Napo
MATERIAL :	Base Granular
ENSAYADO POR :	Mayra Mejía - Steven Muñoz

MÉTODO ENSAYO :	T-180 "C"
GOLPES POR CAPA :	56
# DE CAPAS :	5
PESO MARTILLO :	10 lbs.
ALTURA DE CAIDA :	18 pulg.

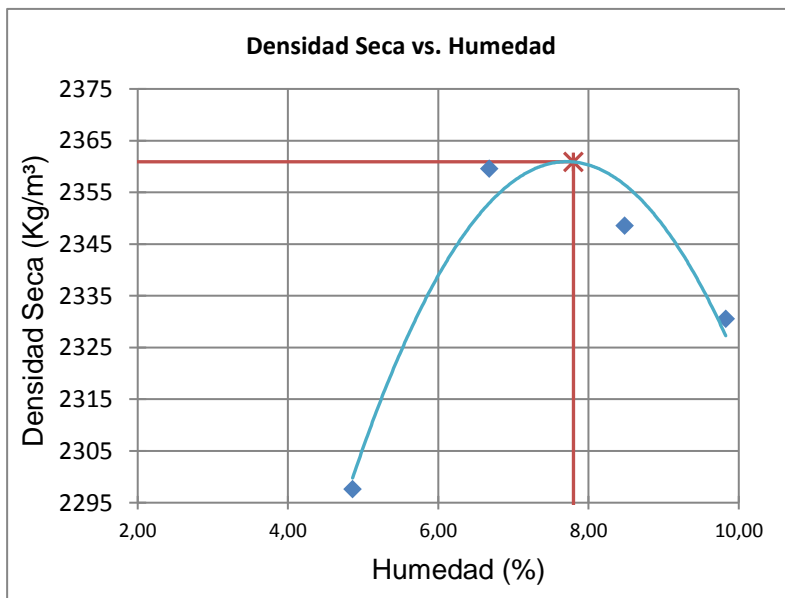
MOLDE No.:	5
ALTURA :	4.58 pulg.
DIÁMETRO :	6 pulg.
VOLUMEN :	2123 cm ³
PESO :	6416 gr.

CONTENIDOS DE HUMEDAD :

Recipiente No. :	705	302	402	208	205	204	108	201
Peso de Recipiente (g)	28.67	28.18	28.19	28.36	28.50	21.60	28.19	27.91
Peso de Recipiente + Suelo Húmedo (g)	133.48	131.77	130.31	132.67	153.39	140.58	147.61	146.00
Peso de Recipiente + Suelo Seco (g)	128.50	127.09	123.79	126.27	143.78	131.13	137.01	135.35
Peso del Agua (g)	4.98	4.68	6.52	6.40	9.61	9.45	10.60	10.65
Peso de Suelo Seco (g)	99.83	98.91	95.60	97.91	115.28	109.53	108.82	107.44
Contenido de Humedad (%)	4.99	4.73	6.82	6.54	8.34	8.63	9.74	9.91
Promedio Contenido de Humedad (%)	4.9		6.7		8.5		9.8	

DENSIDADES :

Peso de Suelo + Molde (g)	11531	11760	11825	11850
Peso del Suelo en el Molde (g)	5115	5344	5409	5434
Densidad Húmeda (kg/m ³)	2409	2517	2548	2560
Densidad Seca (kg/m³)	2298	2360	2349	2331



HUMEDAD ÓPTIMA 7.8 %
DENSIDAD MÁXIMA 2361 Kg/m ³

ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO ASTM D-1557

PROYECTO :	Materia Integradora
UBICACIÓN :	ESPOL - Guayaquil
FECHA :	2017-12-13
MUESTRA :	Mina Pungarayacu - Provincia de Napo
MATERIAL :	Base Granular + 10% Asfaltita
ENSAYADO POR :	Mayra Mejía - Steven Muñoz

MÉTODO ENSAYO :	T-180 "C"
GOLPES POR CAPA :	56
# DE CAPAS :	5
PESO MARTILLO :	10 lbs.
ALTURA DE CAIDA :	18 pulg.

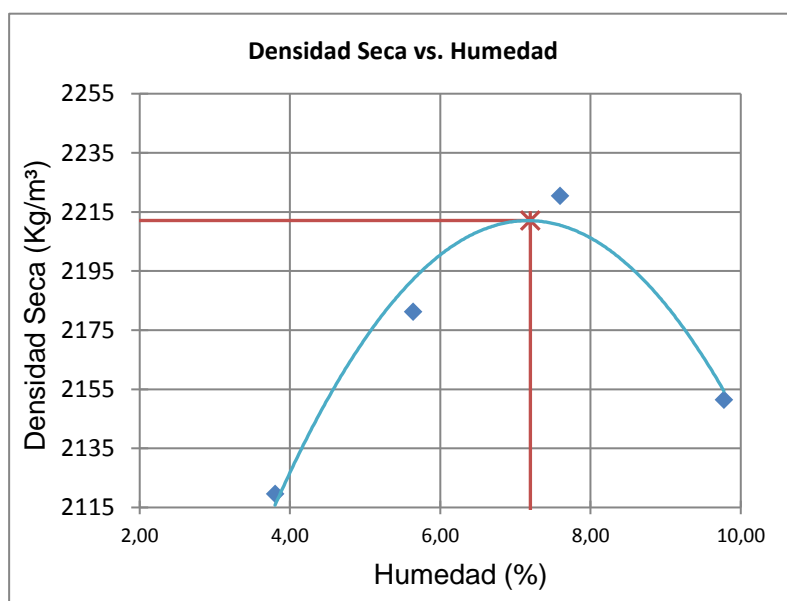
MOLDE No.:	5
ALTURA :	4.58 pulg.
DIÁMETRO :	6 pulg.
VOLUMEN :	2123 cm ³
PESO :	6416 gr.

CONTENIDOS DE HUMEDAD :

Recipiente No. :	209	205	705	302	204	108	206	402
Peso de Recipiente (g)	27.24	28.44	28.64	28.23	21.63	28.25	28.06	28.11
Peso de Recipiente + Suelo Húmedo (g)	186.83	158.34	154.42	157.14	154.38	143.94	147.32	170.62
Peso de Recipiente + Suelo Seco (g)	180.93	153.63	147.65	150.32	145.27	135.55	136.75	157.87
Peso del Agua (g)	5.90	4.71	6.77	6.82	9.11	8.39	10.57	12.75
Peso de Suelo Seco (g)	153.69	125.19	119.01	122.09	123.64	107.30	108.69	129.76
Contenido de Humedad (%)	3.84	3.76	5.69	5.59	7.37	7.82	9.72	9.83
Promedio Contenido de Humedad (%)	3.8		5.6		7.6		9.8	

DENSIDADES :

Peso de Suelo + Molde (g)	11087	11308	11488	11430
Peso del Suelo en el Molde (g)	4671	4892	5072	5014
Densidad Húmeda (kg/m ³)	2200	2304	2389	2362
Densidad Seca (kg/m³)	2120	2181	2220	2151



HUMEDAD ÓPTIMA 7.2 %
DENSIDAD MÁXIMA 2212 Kg/m ³

ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO ASTM D-1557

PROYECTO :	Materia Integradora
UBICACIÓN :	ESPOL - Guayaquil
FECHA :	2017-12-13
MUESTRA :	Mina Pungarayacu - Provincia de Napo
MATERIAL :	Base Granular + 15% Asfaltita
ENSAYADO POR :	Mayra Mejía - Steven Muñoz

MÉTODO ENSAYO :	T-180 "C"
GOLPES POR CAPA :	56
# DE CAPAS :	5
PESO MARTILLO :	10 lbs.
ALTURA DE CAIDA :	18 pulg.

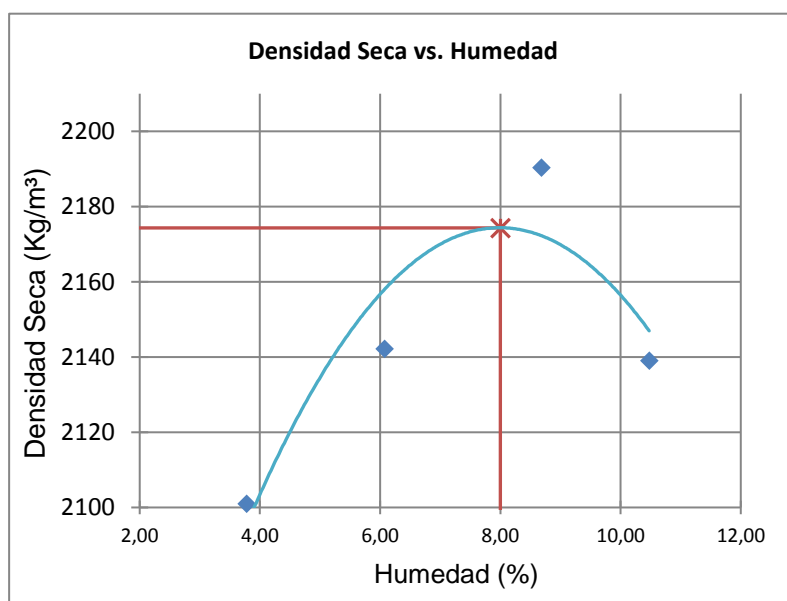
MOLDE No.:	5
ALTURA :	4.58 pulg.
DIÁMETRO :	6 pulg.
VOLUMEN :	2123 cm ³
PESO :	6416 gr.

CONTENIDOS DE HUMEDAD :

Recipiente No. :	201	305	103	101	102	603	506	604
Peso de Recipiente (g)	27.88	28.14	22.85	28.24	28.28	23.17	26.38	27.74
Peso de Recipiente + Suelo Húmedo (g)	166.25	150.51	143.63	149.73	119.36	113.36	166.31	190.55
Peso de Recipiente + Suelo Seco (g)	161.19	146.07	136.69	142.80	112.24	106.00	152.99	175.17
Peso del Agua (g)	5.06	4.44	6.94	6.93	7.12	7.36	13.32	15.38
Peso de Suelo Seco (g)	133.31	117.93	113.84	114.56	83.96	82.83	126.61	147.43
Contenido de Humedad (%)	3.80	3.76	6.10	6.05	8.48	8.89	10.52	10.43
Promedio Contenido de Humedad (%)	3.8		6.1		8.7		10.5	

DENSIDADES :

Peso de Suelo + Molde (g)	11045	11240	11470	11433
Peso del Suelo en el Molde (g)	4629	4824	5054	5017
Densidad Húmeda (kg/m ³)	2180	2272	2381	2363
Densidad Seca (kg/m³)	2101	2142	2190	2139



HUMEDAD ÓPTIMA 8.0 %
DENSIDAD MÁXIMA 2174 Kg/m ³

ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO ASTM D-1557

PROYECTO :	Materia Integradora
UBICACIÓN :	ESPOL - Guayaquil
FECHA :	2017-12-13
MUESTRA :	Mina Pungarayacu - Provincia de Napo
MATERIAL :	Base Granular + 20% Asfaltita
ENSAYADO POR :	Mayra Mejía - Steven Muñoz

MÉTODO ENSAYO :	T-180 "C"
GOLPES POR CAPA :	56
# DE CAPAS :	5
PESO MARTILLO :	10 lbs.
ALTURA DE CAIDA :	18 pulg.

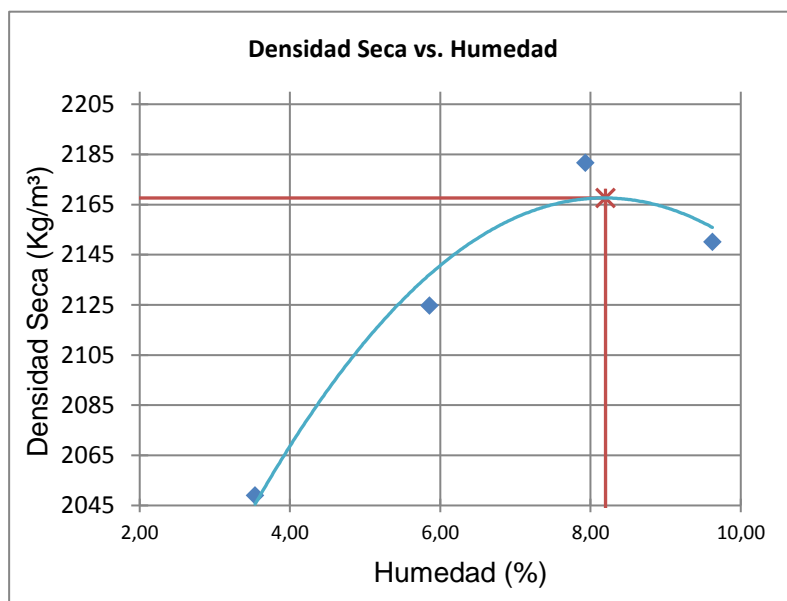
MOLDE No.:	5
ALTURA :	4.58 pulg.
DIÁMETRO :	6 pulg.
VOLUMEN :	2123 cm ³
PESO :	6416 gr.

CONTENIDOS DE HUMEDAD :

Recipiente No. :	705	109	209	801	204	402	203	510
Peso de Recipiente (g)	28.58	27.89	28.35	27.89	21.77	28.17	27.92	23.32
Peso de Recipiente + Suelo Húmedo (g)	138.63	139.86	158.53	156.38	134.77	143.97	188.68	147.41
Peso de Recipiente + Suelo Seco (g)	134.81	136.10	151.30	149.30	126.51	135.42	174.93	136.24
Peso del Agua (g)	3.82	3.76	7.23	7.08	8.26	8.55	13.75	11.17
Peso de Suelo Seco (g)	106.23	108.21	122.95	121.41	104.74	107.25	147.01	112.92
Contenido de Humedad (%)	3.60	3.47	5.88	5.83	7.89	7.97	9.35	9.89
Promedio Contenido de Humedad (%)	3.5		5.9		7.9		9.6	

DENSIDADES :

Peso de Suelo + Molde (g)	10920	11191	11415	11420
Peso del Suelo en el Molde (g)	4504	4775	4999	5004
Densidad Húmeda (kg/m ³)	2122	2249	2355	2357
Densidad Seca (kg/m³)	2049	2125	2182	2150



HUMEDAD ÓPTIMA 8.2 %
DENSIDAD MÁXIMA 2168 Kg/m ³

ANEXO C
ENSAYO C.B.R.
VALOR SOPORTANTE DE LOS SUELOS
ASTM D-1883

PROYECTO :	Materia Integradora	
UBICACIÓN :	ESPOL - Guayaquil	
FECHA :	2017-12-16	
MUESTRA :	Mina Pungarayacu - Provincia de Napo	
MATERIAL :	Base Granular	
ENSAYADO POR :	Mayra Mejía - Steven Muñoz	HOJA No.: 1

PESO MARTILLO :	10 lbs.	# DE CAPAS :	5
ALTURA DE CAIDA :	18 pulg.	ALZA :	2 pulg.

MOLDE No. :	1	6	
Altura :	17.70 cm	17.70 cm	
Diámetro :	15.23 cm	15.23 cm	
Volumen :	2314 cm ³	2314 cm ³	
Peso :	7092 gr	7219 gr	
Golpes por capa :	61	27	
Peso Total :	12948 gr	12905 gr	
Peso Suelo :	5856 gr	5686 gr	
Densidad Húmeda :	2531 kg/m³	2457 kg/m³	

CONTENIDOS DE HUMEDAD ANTES DE LA SATURACIÓN :

MOLDE No. :	1		6		
Recipiente No. :	801	402	209	205	
Peso Recipiente :	27.99	28.19	27.07	28.50	
Peso Húmedo :	163.24	162.19	170.70	177.01	
Peso Seco :	153.68	152.69	160.52	166.54	
Peso de Agua :	9.56	9.50	10.18	10.47	
Peso Suelo Seco :	125.69	124.50	133.45	138.04	
% Humedad :	7.61	7.63	7.63	7.58	
Prom. % Humedad :	7.62		7.61		

CONTENIDOS DE HUMEDAD DESPUÉS DE LA SATURACIÓN :

MOLDE No. :	1		6		
Recipiente No. :	201	302	604	705	
Peso Recipiente :	27.91	28.23	27.74	28.64	
Peso Húmedo :	154.03	151.56	165.81	168.90	
Peso Seco :	143.68	141.46	154.52	157.40	
Peso de Agua :	10.35	10.10	11.29	11.50	
Peso Suelo Seco :	115.77	113.23	126.78	128.76	
% Humedad :	8.94	8.92	8.91	8.93	
Prom. % Humedad :	8.93		8.92		

ENSAYO C.B.R.
VALOR SOPORTANTE DE LOS SUELOS
ASTM D-1883

PROYECTO :	Materia Integradora				
UBICACIÓN :	ESPOL - Guayaquil				
FECHA :	2017-12-16				
MUESTRA :	Mina Pungarayacu - Provincia de Napo				
MATERIAL :	Base Granular				
ENSAYADO POR :	Mayra Mejía - Steven Muñoz			HOJA No.:	2

PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA :

MOLDE No. :	1		6		
Peso saturado :	12957 gr		12937 gr		
Agua absorbida :	9 gr		32 gr		
% Agua absorbida :	0.15 %		0.56 %		

PORCENTAJE DE COMPACTACIÓN :

DENSIDAD MÁXIMA : 2361 kg/m³ HUMEDAD ÓPTIMA : 7.8 %

MOLDE No. :	1		6		
Densidad Seca :	2352 kg/m ³		2284 kg/m ³		
% Compactación :	99.60 %		96.72 %		
% Var. humedad :	-0.023 %		-0.025 %		

LECTURAS DE ESPONJAMIENTO :

MOLDE No. :	1		6			
Tiempo (días) :	pulg.	%	pulg.	%	pulg.	%
0	0.00	0.00	0.00	0.00		
1	0.00	0.00	0.00	0.00		
2	0.00	0.00	0.00	0.00		
3	0.00	0.00	0.00	0.00		
4	0.00	0.00	0.00	0.00		

LECTURAS DE PENETRACIÓN :

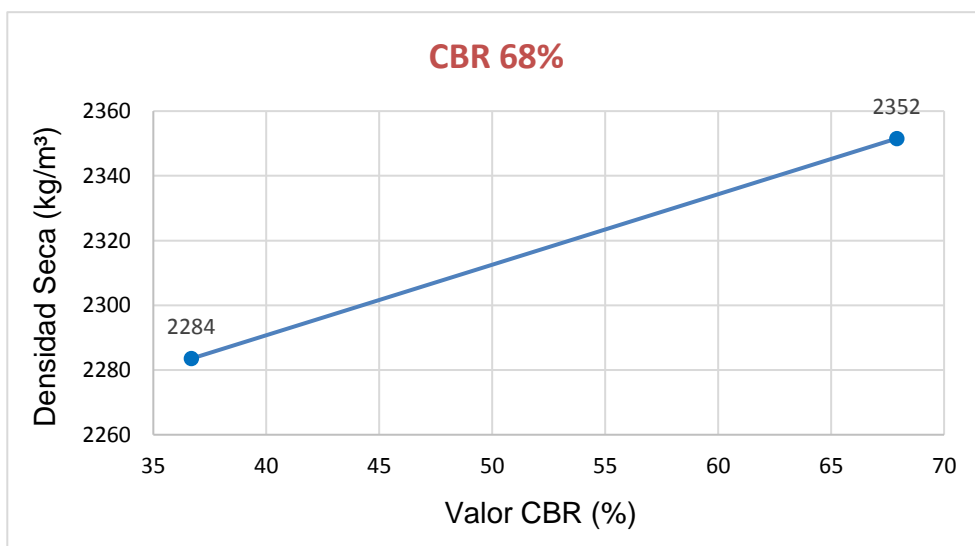
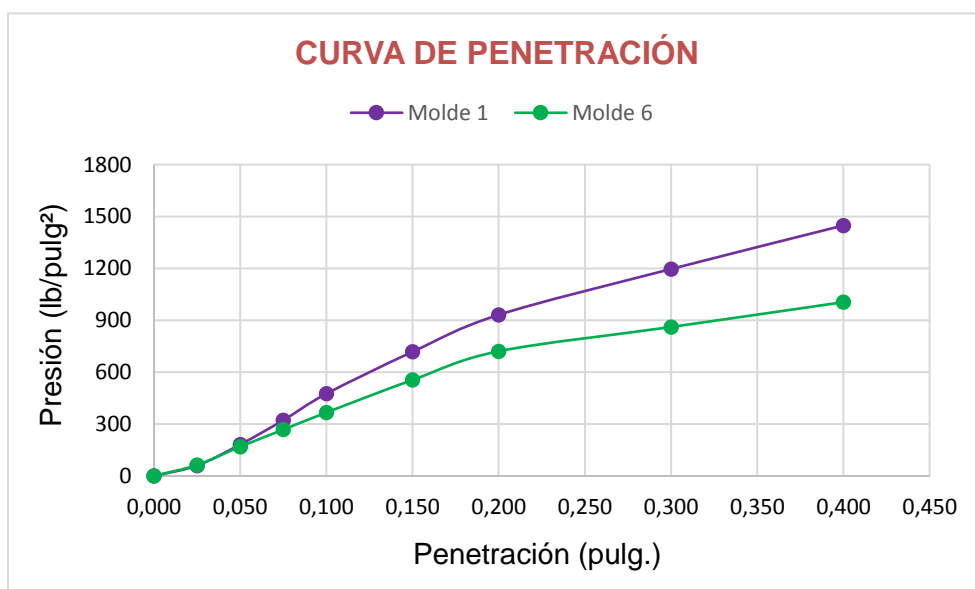
MOLDE No. :	1		6			
Penetración (pulg.) :	KN	lb/pulg ²	KN	lb/pulg ²	KN	lb/pulg ²
0.000	0.00	0.00	0.00	0.00		
0.025	19.00	60.61	20.00	63.80		
0.050	57.00	181.83	53.00	169.07		
0.075	101.00	322.19	84.00	267.96		
0.100	149.00	475.31	115.00	366.85		
0.150	225.00	717.75	174.00	555.06		
0.200	292.00	931.48	226.00	720.94		
0.300	375.00	1196.25	270.00	861.30		
0.400	454.00	1448.26	315.00	1004.85		

ENSAYO C.B.R.
VALOR SOPORTANTE DE LOS SUELOS
 ASTM D-1883

PROYECTO :	Materia Integradora				
UBICACIÓN :	ESPOL - Guayaquil				
FECHA :	2017-12-16				
MUESTRA :	Mina Pungarayacu - Provincia de Napo				
MATERIAL :	Base Granular				
ENSAYADO POR :	Mayra Mejía - Steven Muñoz			HOJA No.:	3

VALORES CORREGIDOS :

MOLDE No. :	1	6	
% Compactación :	99.60 %	96.72 %	
Presión :	475.31 lb/pulg ²	366.85 lb/pulg ²	
VALOR CBR :	67.90 %	36.69 %	



ENSAYO C.B.R.
VALOR SOPORTANTE DE LOS SUELOS
ASTM D-1883

PROYECTO :	Materia Integradora	
UBICACIÓN :	ESPOL - Guayaquil	
FECHA :	2017-12-22	
MUESTRA :	Mina Pungarayacu - Provincia de Napo	
MATERIAL :	Base Granular + Asfaltita 10%	
ENSAYADO POR :	Mayra Mejía - Steven Muñoz	HOJA No.: 1

PESO MARTILLO :	10 lbs.	# DE CAPAS :	5
ALTURA DE CAIDA :	18 pulg.	ALZA :	2 pulg.

MOLDE No. :	1	6	
Altura :	17.70 cm	17.70 cm	
Diámetro :	15.23 cm	15.23 cm	
Volumen :	2314 cm ³	2314 cm ³	
Peso :	7092 gr	7219 gr	
Golpes por capa :	61	27	
Peso Total :	12580 gr	12472 gr	
Peso Suelo :	5488 gr	5253 gr	
Densidad Húmeda :	2372 kg/m³	2270 kg/m³	

CONTENIDOS DE HUMEDAD ANTES DE LA SATURACIÓN :

MOLDE No. :	1		6		
Recipiente No. :	203	510	207	109	
Peso Recipiente :	27.92	23.32	27.07	27.89	
Peso Húmedo :	175.34	162.03	167.56	176.50	
Peso Seco :	165.38	152.69	157.92	166.54	
Peso de Agua :	9.96	9.34	9.64	9.96	
Peso Suelo Seco :	137.46	129.37	130.85	138.65	
% Humedad :	7.25	7.22	7.37	7.18	
Prom. % Humedad :	7.23		7.28		

CONTENIDOS DE HUMEDAD DESPUÉS DE LA SATURACIÓN :

MOLDE No. :	1		6		
Recipiente No. :	103	603	506	305	
Peso Recipiente :	22.85	23.17	26.38	28.14	
Peso Húmedo :	101.88	104.31	127.28	143.58	
Peso Seco :	96.20	98.46	120.24	135.43	
Peso de Agua :	5.68	5.85	7.04	8.15	
Peso Suelo Seco :	73.35	75.29	93.86	107.29	
% Humedad :	7.74	7.77	7.50	7.60	
Prom. % Humedad :	7.76		7.55		

ENSAYO C.B.R.
VALOR SOPORTANTE DE LOS SUELOS
ASTM D-1883

PROYECTO :	Materia Integradora	
UBICACIÓN :	ESPOL - Guayaquil	
FECHA :	2017-12-22	
MUESTRA :	Mina Pungarayacu - Provincia de Napo	
MATERIAL :	Base Granular + Asfaltita 10%	
ENSAYADO POR :	Mayra Mejía - Steven Muñoz	HOJA No.: 2

PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA :

MOLDE No. :	1		6	
Peso saturado :	12634 gr		12600 gr	
Agua absorbida :	54 gr		128 gr	
% Agua absorbida :	0.98 %		2.44 %	

PORCENTAJE DE COMPACTACIÓN :

DENSIDAD MÁXIMA : 2212 kg/m³ HUMEDAD ÓPTIMA : 7.2 %

MOLDE No. :	1		6	
Densidad Seca :	2212 kg/m ³		2116 kg/m ³	
% Compactación :	99.99 %		95.67 %	
% Var. humedad :	0.005 %		0.010 %	

LECTURAS DE ESPONJAMIENTO :

MOLDE No. :	1		6			
	pulg.	%	pulg.	%	pulg.	%
Tiempo (días) :						
0	0.00	0.00	0.00	0.00		
1	0.00	0.00	0.00	0.00		
2	0.00	0.00	0.00	0.00		
3	0.00	0.00	0.00	0.00		
4	0.00	0.00	0.00	0.00		

LECTURAS DE PENETRACIÓN :

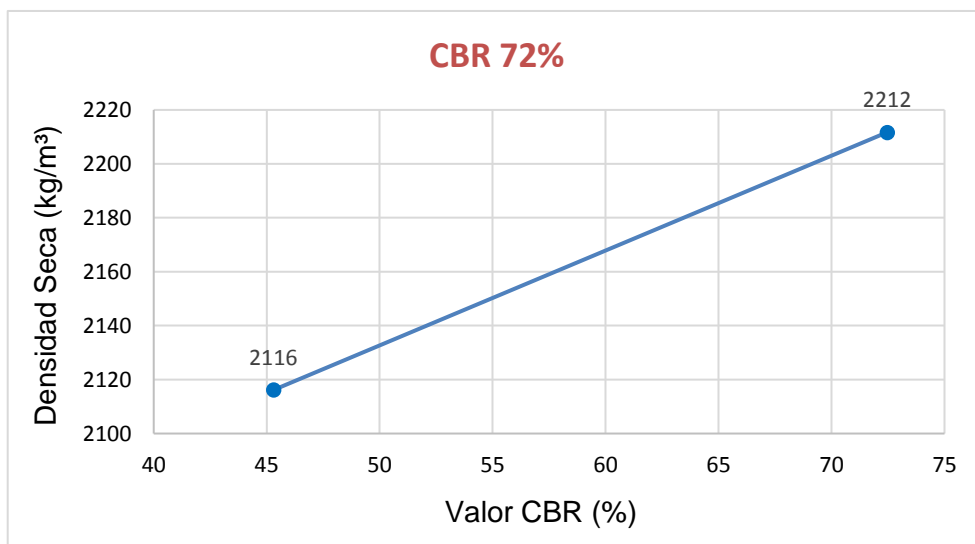
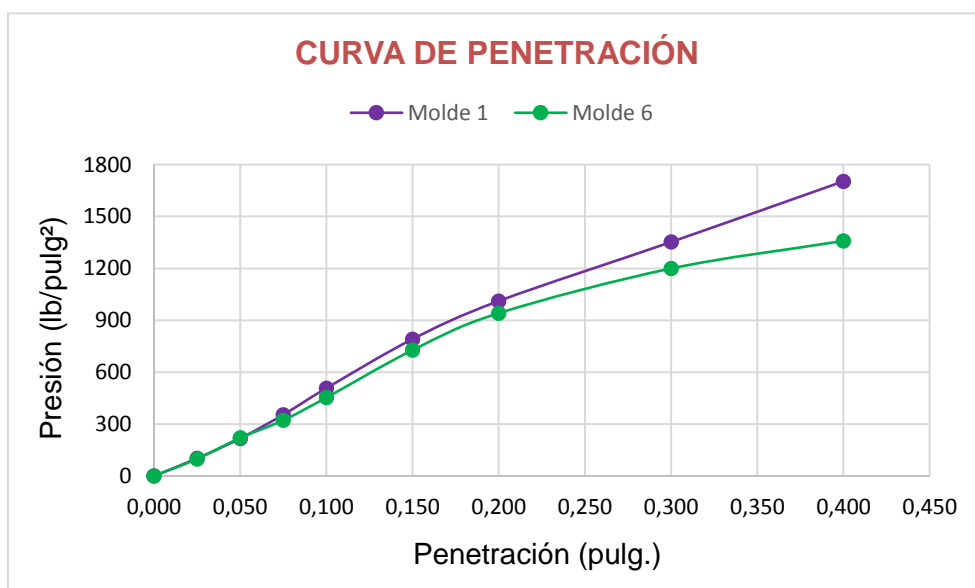
MOLDE No. :	1		6			
	KN	lb/pulg ²	KN	lb/pulg ²	KN	lb/pulg ²
Penetración (pulg.) :						
0.000	0.00	0.00	0.00	0.00		
0.025	32.00	102.08	31.00	98.89		
0.050	68.00	216.92	69.00	220.11		
0.075	111.00	354.09	101.00	322.19		
0.100	159.00	507.21	142.00	452.98		
0.150	248.00	791.12	228.00	727.32		
0.200	317.00	1011.23	295.00	941.05		
0.300	424.00	1352.56	376.00	1199.44		
0.400	534.00	1703.46	426.00	1358.94		

ENSAYO C.B.R.
VALOR SOPORTANTE DE LOS SUELOS
 ASTM D-1883

PROYECTO :	Materia Integradora	
UBICACIÓN :	ESPOL - Guayaquil	
FECHA :	2017-12-22	
MUESTRA :	Mina Pungarayacu - Provincia de Napo	
MATERIAL :	Base Granular + Asfaltita 10%	
ENSAYADO POR :	Mayra Mejía - Steven Muñoz	HOJA No.: 3

VALORES CORREGIDOS :

MOLDE No. :	1	6	
% Compactación :	99.99 %	95.67 %	
Presión :	507.21 lb/pulg ²	452.98 lb/pulg ²	
VALOR CBR :	72.46 %	45.30 %	



ENSAYO C.B.R.
VALOR SOPORTANTE DE LOS SUELOS
ASTM D-1883

PROYECTO :	Materia Integradora	
UBICACIÓN :	ESPOL - Guayaquil	
FECHA :	2017-12-22	
MUESTRA :	Mina Pungarayacu - Provincia de Napo	
MATERIAL :	Base Granular + Asfaltita 15%	
ENSAYADO POR :	Mayra Mejía - Steven Muñoz	HOJA No.: 1

PESO MARTILLO :	10 lbs.	# DE CAPAS :	5
ALTURA DE CAIDA :	18 pulg.	ALZA :	2 pulg.

MOLDE No. :	29	9	
Altura :	17.70 cm	17.70 cm	
Diámetro :	15.23 cm	15.23 cm	
Volumen :	2314 cm ³	2314 cm ³	
Peso :	5862 gr	7063 gr	
Golpes por capa :	61	27	
Peso Total :	11390 gr	12390 gr	
Peso Suelo :	5528 gr	5327 gr	
Densidad Húmeda :	2389 kg/m³	2302 kg/m³	

CONTENIDOS DE HUMEDAD ANTES DE LA SATURACIÓN :

MOLDE No. :	29		9		
Recipiente No. :	310	410	702	210	
Peso Recipiente :	22.91	28.51	28.68	22.92	
Peso Húmedo :	154.60	171.71	170.52	168.05	
Peso Seco :	144.88	160.98	160.24	157.15	
Peso de Agua :	9.72	10.73	10.28	10.90	
Peso Suelo Seco :	121.97	132.47	131.56	134.23	
% Humedad :	7.97	8.10	7.81	8.12	
Prom. % Humedad :	8.03		7.97		

CONTENIDOS DE HUMEDAD DESPUÉS DE LA SATURACIÓN :

MOLDE No. :	29		9		
Recipiente No. :	508	608	306	605	
Peso Recipiente :	28.21	22.75	28.24	28.01	
Peso Húmedo :	131.26	116.37	159.79	143.58	
Peso Seco :	122.88	108.76	149.45	134.48	
Peso de Agua :	8.38	7.61	10.34	9.10	
Peso Suelo Seco :	94.67	86.01	121.21	106.47	
% Humedad :	8.85	8.85	8.53	8.55	
Prom. % Humedad :	8.85		8.54		

ENSAYO C.B.R.
VALOR SOPORTANTE DE LOS SUELOS
ASTM D-1883

PROYECTO :	Materia Integradora	
UBICACIÓN :	ESPOL - Guayaquil	
FECHA :	2017-12-22	
MUESTRA :	Mina Pungarayacu - Provincia de Napo	
MATERIAL :	Base Granular + Asfaltita 15%	
ENSAYADO POR :	Mayra Mejía - Steven Muñoz	HOJA No.: 2

PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA :

MOLDE No. :	29	9	
Peso saturado :	11413 gr	12464 gr	
Agua absorbida :	23 gr	74 gr	
% Agua absorbida :	0.42 %	1.39 %	

PORCENTAJE DE COMPACTACIÓN :

DENSIDAD MÁXIMA : 2174 kg/m³ HUMEDAD ÓPTIMA : 8 %

MOLDE No. :	29	9	
Densidad Seca :	2211 kg/m ³	2132 kg/m ³	
% Compactación :	101.71 %	98.08 %	
% Var. humedad :	0.004 %	-0.004 %	

LECTURAS DE ESPONJAMIENTO :

MOLDE No. :	29		9			
Tiempo (días) :	pulg.	%	pulg.	%	pulg.	%
0	0.00	0.00	0.00	0.00		
1	0.00	0.00	0.00	0.00		
2	0.00	0.00	0.00	0.00		
3	0.00	0.00	0.00	0.00		
4	0.00	0.00	0.00	0.00		

LECTURAS DE PENETRACIÓN :

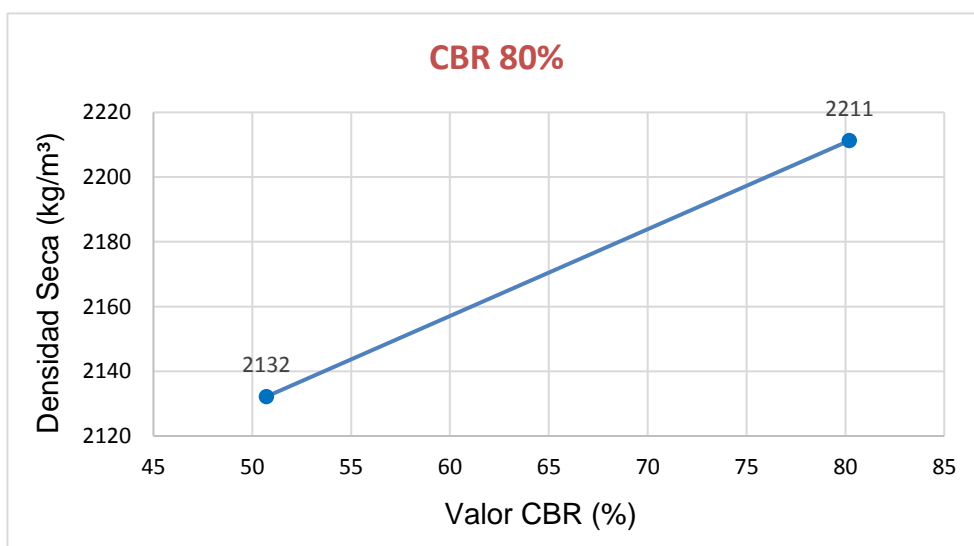
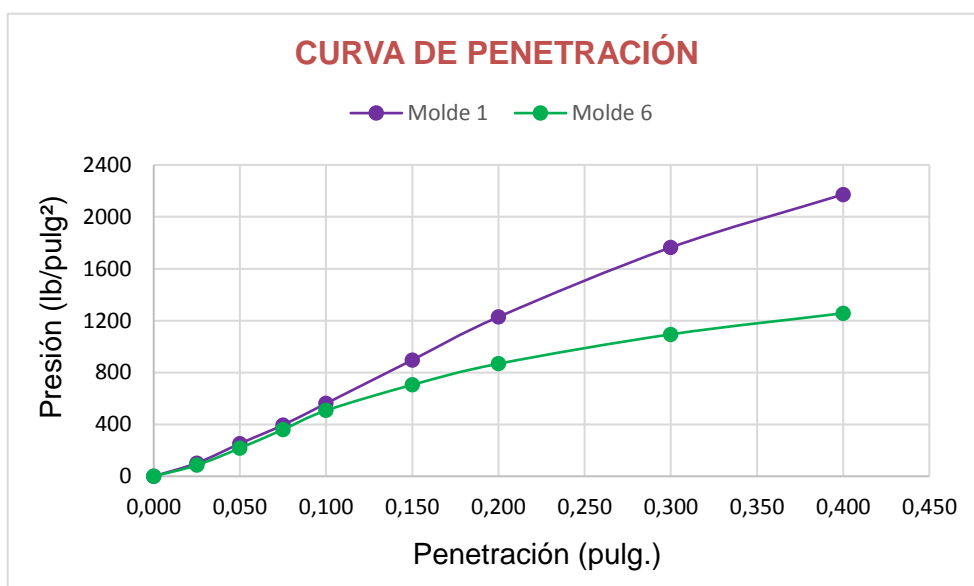
MOLDE No. :	29		9			
Penetración (pulg.) :	KN	lb/pulg ²	KN	lb/pulg ²	KN	lb/pulg ²
0.000	0.00	0.00	0.00	0.00		
0.025	32.00	102.08	27.00	86.13		
0.050	79.00	252.01	68.00	216.92		
0.075	124.00	395.56	113.00	360.47		
0.100	176.00	561.44	159.00	507.21		
0.150	281.00	896.39	221.00	704.99		
0.200	385.00	1228.15	272.00	867.68		
0.300	553.00	1764.07	343.00	1094.17		
0.400	681.00	2172.39	394.00	1256.86		

ENSAYO C.B.R.
VALOR SOPORTANTE DE LOS SUELOS
ASTM D-1883

PROYECTO :	Materia Integradora	
UBICACIÓN :	ESPOL - Guayaquil	
FECHA :	2017-12-22	
MUESTRA :	Mina Pungarayacu - Provincia de Napo	
MATERIAL :	Base Granular + Asfaltita 15%	
ENSAYADO POR :	Mayra Mejía - Steven Muñoz	HOJA No.: 3

VALORES CORREGIDOS :

MOLDE No. :	29	9	
% Compactación :	101.71 %	98.08 %	
Presión :	561.44 lb/pulg ²	507.21 lb/pulg ²	
VALOR CBR :	80.21 %	50.72 %	



ENSAYO C.B.R.
VALOR SOPORTANTE DE LOS SUELOS
ASTM D-1883

PROYECTO :	Materia Integradora	
UBICACIÓN :	ESPOL - Guayaquil	
FECHA :	2017-12-22	
MUESTRA :	Mina Pungarayacu - Provincia de Napo	
MATERIAL :	Base Granular + Asfaltita 20%	
ENSAYADO POR :	Mayra Mejía - Steven Muñoz	HOJA No.: 1

PESO MARTILLO :	10 lbs.	# DE CAPAS :	5
ALTURA DE CAIDA :	18 pulg.	ALZA :	2 pulg.

MOLDE No. :	18	X	
Altura :	17.70 cm	17.70 cm	
Diámetro :	15.23 cm	15.23 cm	
Volumen :	2314 cm ³	2314 cm ³	
Peso :	5843 gr	7272 gr	
Golpes por capa :	61	27	
Peso Total :	11375 gr	12593 gr	
Peso Suelo :	5532 gr	5321 gr	
Densidad Húmeda :	2391 kg/m³	2299 kg/m³	

CONTENIDOS DE HUMEDAD ANTES DE LA SATURACIÓN :

MOLDE No. :	18		X		
Recipiente No. :	802	104	405	805	
Peso Recipiente :	28.17	27.15	28.01	23.85	
Peso Húmedo :	161.37	163.13	144.78	156.50	
Peso Seco :	151.31	152.87	135.85	146.56	
Peso de Agua :	10.06	10.26	8.93	9.94	
Peso Suelo Seco :	123.14	125.72	107.84	122.71	
% Humedad :	8.17	8.16	8.28	8.10	
Prom. % Humedad :	8.17		8.19		

CONTENIDOS DE HUMEDAD DESPUÉS DE LA SATURACIÓN :

MOLDE No. :	18		X		
Recipiente No. :	704	502	602	806	
Peso Recipiente :	26.24	27.22	26.58	28.44	
Peso Húmedo :	113.38	153.77	128.56	155.78	
Peso Seco :	106.20	143.36	120.24	145.43	
Peso de Agua :	7.18	10.41	8.32	10.35	
Peso Suelo Seco :	79.96	116.14	93.66	116.99	
% Humedad :	8.98	8.96	8.88	8.85	
Prom. % Humedad :	8.97		8.87		

ENSAYO C.B.R.
VALOR SOPORTANTE DE LOS SUELOS
ASTM D-1883

PROYECTO :	Materia Integradora				
UBICACIÓN :	ESPOL - Guayaquil				
FECHA :	2017-12-22				
MUESTRA :	Mina Pungarayacu - Provincia de Napo				
MATERIAL :	Base Granular + Asfaltita 20%				
ENSAYADO POR :	Mayra Mejía - Steven Muñoz			HOJA No.:	2

PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA :

MOLDE No. :	18	X		
Peso saturado :	11409 gr	12679 gr		
Agua absorbida :	34 gr	86 gr		
% Agua absorbida :	0.61 %	1.62 %		

PORCENTAJE DE COMPACTACIÓN :

DENSIDAD MÁXIMA : 2168 kg/m³ HUMEDAD ÓPTIMA : 8.2 %

MOLDE No. :	18	X		
Densidad Seca :	2210 kg/m ³	2125 kg/m ³		
% Compactación :	101.95 %	98.03 %		
% Var. humedad :	-0.004 %	-0.001 %		

LECTURAS DE ESPONJAMIENTO :

MOLDE No. :	18		X			
Tiempo (días) :	pulg.	%	pulg.	%	pulg.	%
0	0.00	0.00	0.00	0.00		
1	0.00	0.00	0.00	0.00		
2	0.00	0.00	0.00	0.00		
3	0.00	0.00	0.00	0.00		
4	0.00	0.00	0.00	0.00		

LECTURAS DE PENETRACIÓN :

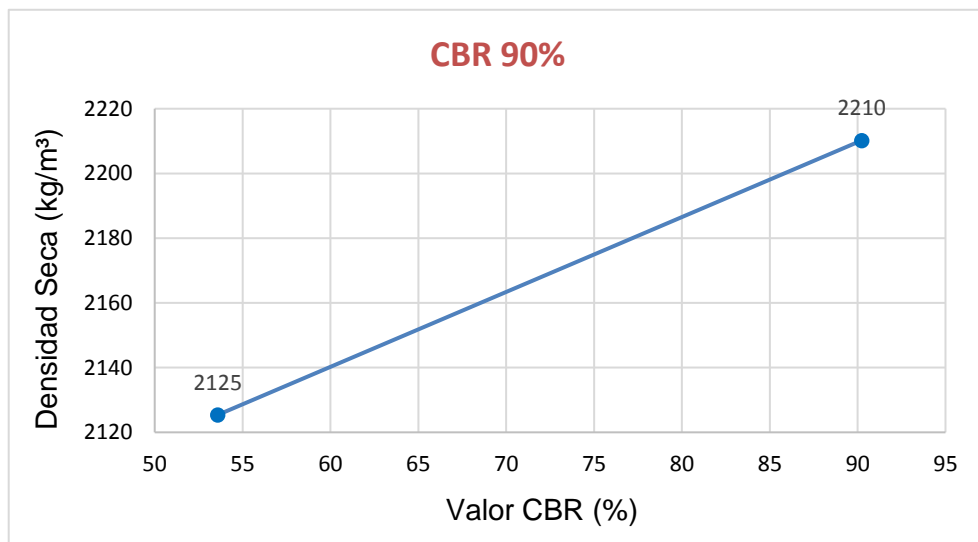
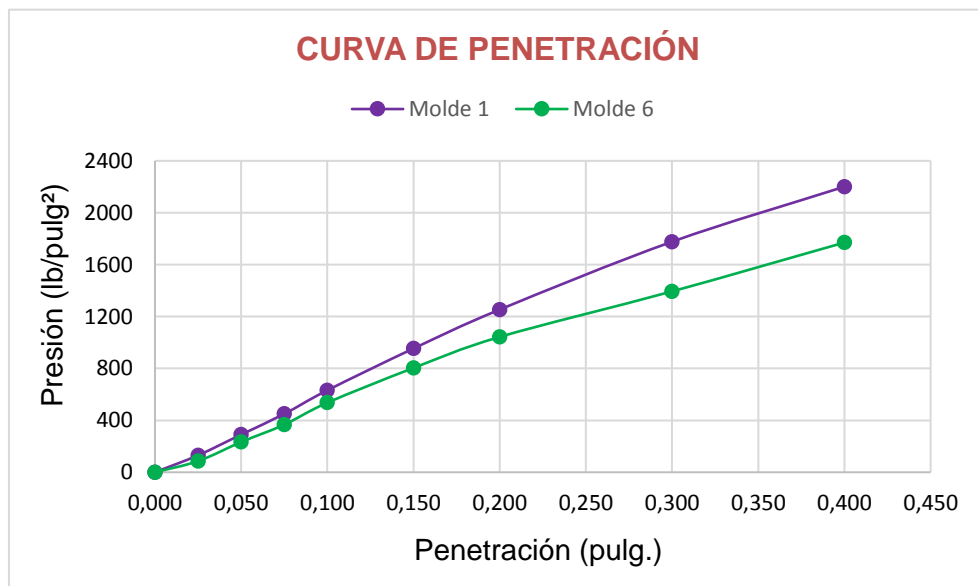
MOLDE No. :	18		X			
Penetración (pulg.) :	KN	lb/pulg ²	KN	lb/pulg ²	KN	lb/pulg ²
0.000	0.00	0.00	0.00	0.00		
0.025	41.00	130.79	27.00	86.13		
0.050	91.00	290.29	73.00	232.87		
0.075	141.00	449.79	115.00	366.85		
0.100	198.00	631.62	168.00	535.92		
0.150	299.00	953.81	252.00	803.88		
0.200	393.00	1253.67	327.00	1043.13		
0.300	557.00	1776.83	437.00	1394.03		
0.400	690.00	2201.10	555.00	1770.45		

ENSAYO C.B.R.
VALOR SOPORTANTE DE LOS SUELOS
 ASTM D-1883

PROYECTO :	Materia Integradora	
UBICACIÓN :	ESPOL - Guayaquil	
FECHA :	2017-12-22	
MUESTRA :	Mina Pungarayacu - Provincia de Napo	
MATERIAL :	Base Granular + Asfaltita 20%	
ENSAYADO POR :	Mayra Mejía - Steven Muñoz	HOJA No.: 3

VALORES CORREGIDOS :

MOLDE No. :	18	X	
% Compactación :	101.95 %	98.03 %	
Presión :	631.62 lb/pulg ²	535.92 lb/pulg ²	
VALOR CBR :	90.23 %	53.59 %	



ANEXO D

ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE

ASTM D-2166

PROYECTO :	Materia Integradora	
UBICACIÓN :	ESPOL - Guayaquil	
FECHA :	2017-12-27	
MUESTRA :	Mina Pungarayacu - Provincia de Napo	
MATERIAL :	Base Granular	
ENSAYADO POR :	Mayra Mejía - Steven Muñoz	HOJA No.: 1

PESO MARTILLO :	10 lbs.	# DE CAPAS :	5
ALTURA DE CAIDA :	18 pulg.		

MOLDE No. :	1	2	3
Altura :	20.00 cm	20.00 cm	20.00 cm
Diámetro :	10.60 cm	10.60 cm	10.60 cm
Volumen :	1765 cm ³	1765 cm ³	1765 cm ³
Peso :	4871 gr	4873 gr	4870 gr
Golpes por capa :	25	25	25
Peso Total :	8907 gr	8957 gr	8940 gr
Peso Suelo :	4036 gr	4084 gr	4070 gr
Densidad Húmeda :	2287 kg/m³	2314 kg/m³	2306 kg/m³

CONTENIDOS DE HUMEDAD :

MOLDE No. :	1		2		3	
Recipiente No. :	102	206	209	205	801	402
Peso Recipiente :	28.21	28.04	27.07	28.50	27.99	28.19
Peso Húmedo :	194.55	169.42	170.82	166.17	164.04	160.64
Peso Seco :	182.62	159.17	160.31	156.34	154.08	151.09
Peso de Agua :	11.93	10.25	10.51	9.83	9.96	9.55
Peso Suelo Seco :	154.41	131.13	133.24	127.84	126.09	122.90
% Humedad :	7.73	7.82	7.89	7.69	7.90	7.77
Prom. % Humedad :	7.77		7.79		7.83	

ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE

ASTM D-2166

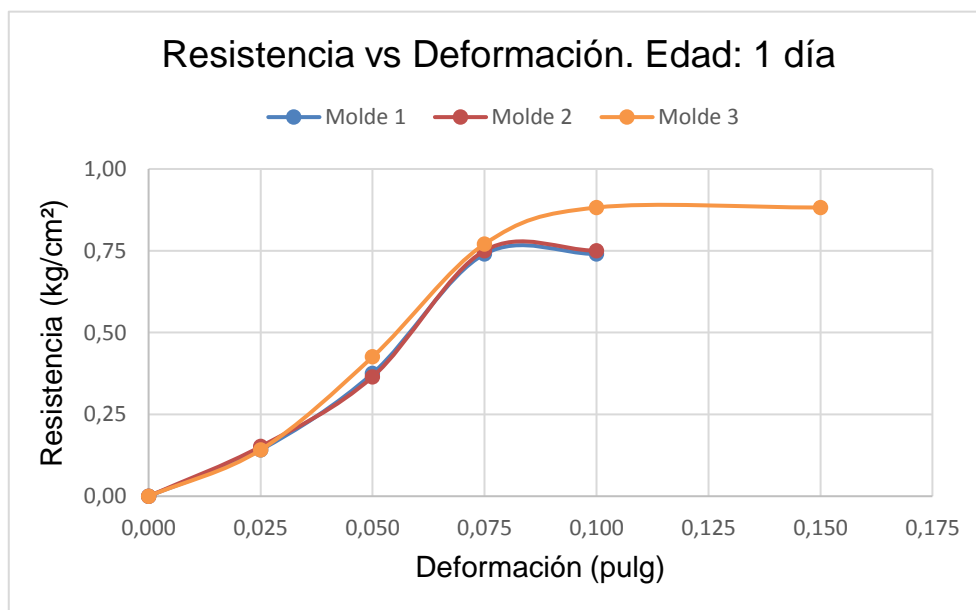
PROYECTO :	Materia Integradora				
UBICACIÓN :	ESPOL - Guayaquil				
FECHA :	2017-12-27				
MUESTRA :	Mina Pungarayacu - Provincia de Napo				
MATERIAL :	Base Granular				
ENSAYADO POR :	Mayra Mejía - Steven Muñoz	HOJA No.:	2		

LECTURAS : **EDAD :** 1 día

MOLDE No. :	1		2		3	
Deformación (pulg.) :	Dial	kg/cm ²	Dial	kg/cm ²	Dial	kg/cm ²
0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.025	11.00	0.14	12.00	0.15	11.00	0.14
0.050	34.00	0.37	33.00	0.36	39.00	0.43
0.075	70.00	0.74	71.00	0.75	73.00	0.77
0.100	70.00	0.74	71.00	0.75	84.00	0.88
0.150	-	-	-	-	84.00	0.88
0.200	-	-	-	-	-	-
0.300	-	-	-	-	-	-
0.400	-	-	-	-	-	-

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE :

MOLDE No. :	1	2	3
Resistencia :	0.74 kg/cm ²	0.75 kg/cm ²	0.88 kg/cm ²
Prom. Resistencia :	0.79 kg/cm²		



ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE

ASTM D-2166

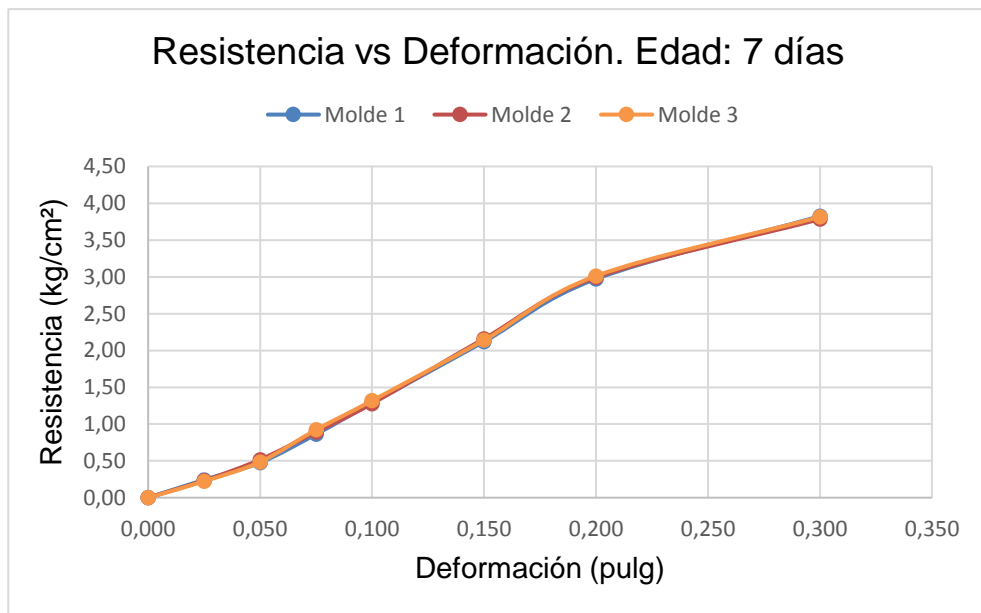
PROYECTO :	Materia Integradora				
UBICACIÓN :	ESPOL - Guayaquil				
FECHA :	2017-12-27				
MUESTRA :	Mina Pungarayacu - Provincia de Napo				
MATERIAL :	Base Granular				
ENSAYADO POR :	Mayra Mejía - Steven Muñoz	HOJA No.:	3		

LECTURAS : **EDAD :** 7 días

MOLDE No. :	1		2		3	
Deformación (pulg.) :	Dial	kg/cm ²	Dial	kg/cm ²	Dial	kg/cm ²
0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.025	21.00	0.24	20.00	0.23	19.00	0.22
0.050	44.00	0.48	48.00	0.52	45.00	0.49
0.080	82.00	0.86	85.00	0.89	88.00	0.92
0.100	124.00	1.29	123.00	1.28	127.00	1.32
0.150	206.00	2.12	210.00	2.16	208.00	2.14
0.200	290.00	2.97	292.00	2.99	294.00	3.01
0.300	374.00	3.82	370.00	3.78	373.00	3.81
0.400	-	-	-	-	-	-

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE :

MOLDE No. :	1	2	3
Resistencia :	3.82 kg/cm ²	3.78 kg/cm ²	3.81 kg/cm ²
Prom. Resistencia :	3.81 kg/cm²		



ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE

ASTM D-2166

PROYECTO :	Materia Integradora		
UBICACIÓN :	ESPOL - Guayaquil		
FECHA :	2017-12-27		
MUESTRA :	Mina Pungarayacu - Provincia de Napo		
MATERIAL :	Base Granular + Asfaltita 10%		
ENSAYADO POR :	Mayra Mejía - Steven Muñoz	HOJA No.:	1

PESO MARTILLO :	10 lbs.	# DE CAPAS :	5
ALTURA DE CAIDA :	18 pulg.		

MOLDE No. :	4	5	6
Altura :	20.00 cm	20.00 cm	20.00 cm
Diámetro :	10.60 cm	10.60 cm	10.60 cm
Volumen :	1765 cm ³	1765 cm ³	1765 cm ³
Peso :	4869 gr	4870 gr	4873 gr
Golpes por capa :	25	25	25
Peso Total :	8737 gr	8755 gr	8710 gr
Peso Suelo :	3868 gr	3885 gr	3837 gr
Densidad Húmeda :	2192 kg/m³	2201 kg/m³	2174 kg/m³

CONTENIDOS DE HUMEDAD :

MOLDE No. :	4		5		6	
Recipiente No. :	106	604	705	302	201	603
Peso Recipiente :	27.90	27.87	28.64	28.23	27.88	23.17
Peso Húmedo :	175.32	149.66	169.82	146.12	154.24	150.54
Peso Seco :	165.35	141.48	160.31	138.08	145.78	141.93
Peso de Agua :	9.97	8.18	9.51	8.04	8.46	8.61
Peso Suelo Seco :	137.45	113.61	131.67	109.85	117.90	118.76
% Humedad :	7.25	7.20	7.22	7.32	7.18	7.25
Prom. % Humedad :	7.23		7.27		7.21	

ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE

ASTM D-2166

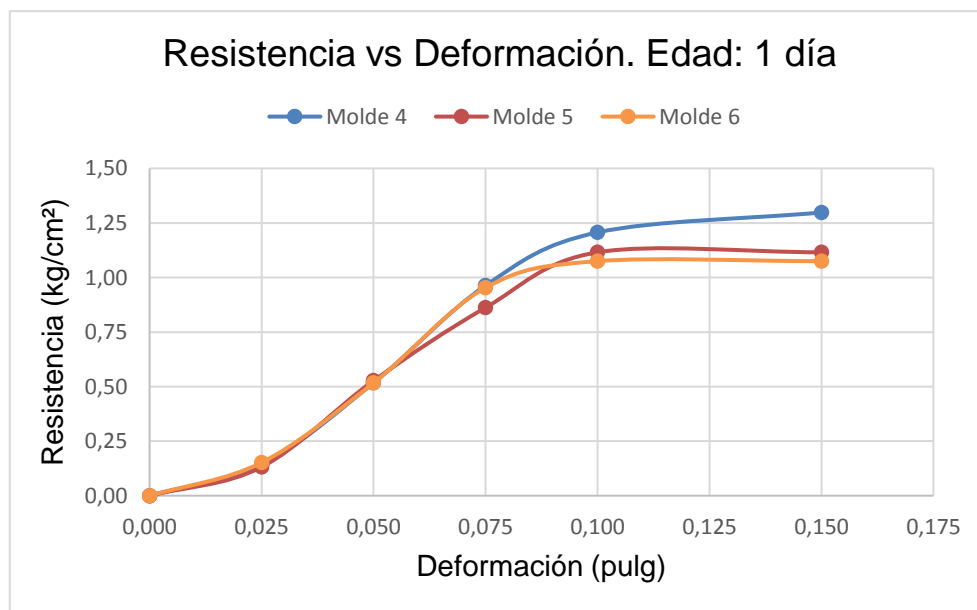
PROYECTO :	Materia Integradora				
UBICACIÓN :	ESPOL - Guayaquil				
FECHA :	2017-12-27				
MUESTRA :	Mina Pungarayacu - Provincia de Napo				
MATERIAL :	Base Granular + Asfaltita 10%				
ENSAYADO POR :	Mayra Mejía - Steven Muñoz	HOJA No.:	2		

LECTURAS : **EDAD :** 1 día

MOLDE No. :	4		5		6	
Deformación (pulg.) :	Dial	kg/cm ²	Dial	kg/cm ²	Dial	kg/cm ²
0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.025	11.00	0.14	10.00	0.13	12.00	0.15
0.050	48.00	0.52	49.00	0.53	48.00	0.52
0.075	92.00	0.96	82.00	0.86	91.00	0.95
0.100	116.00	1.21	107.00	1.12	103.00	1.07
0.150	125.00	1.30	107.00	1.12	103.00	1.07
0.200	-	-	-	-	-	-
0.300	-	-	-	-	-	-
0.400	-	-	-	-	-	-

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE :

MOLDE No. :	4	5	6
Resistencia :	1.30 kg/cm ²	1.12 kg/cm ²	1.07 kg/cm ²
Prom. Resistencia :	1.16 kg/cm²		



ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE

ASTM D-2166

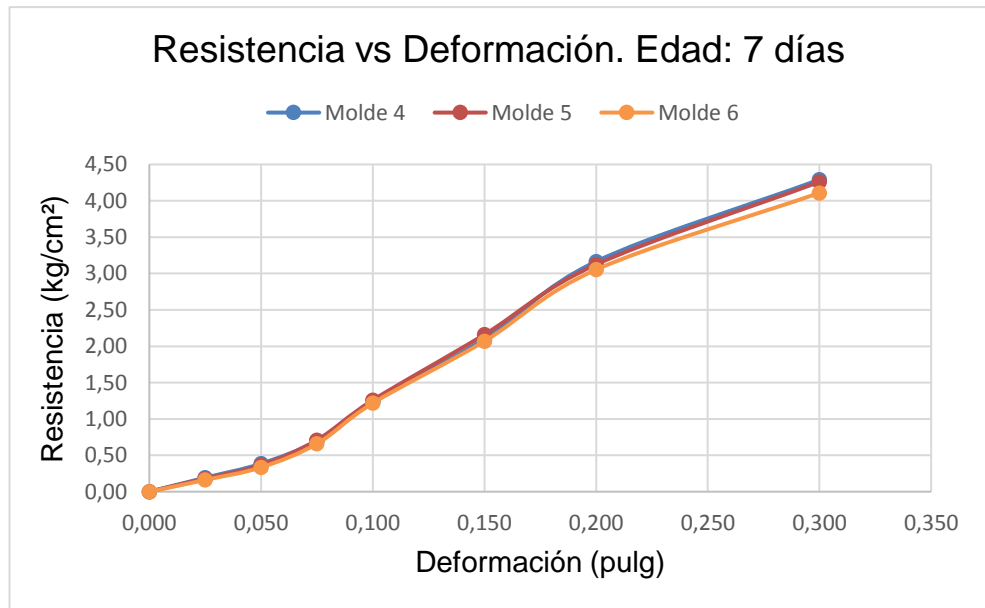
PROYECTO :	Materia Integradora				
UBICACIÓN :	ESPOL - Guayaquil				
FECHA :	2017-12-27				
MUESTRA :	Mina Pungarayacu - Provincia de Napo				
MATERIAL :	Base Granular + Asfaltita 10%				
ENSAYADO POR :	Mayra Mejía - Steven Muñoz			HOJA No.:	3

LECTURAS : **EDAD :** 7 días

MOLDE No. :	4		5		6	
Deformación (pulg.) :	Dial	kg/cm ²	Dial	kg/cm ²	Dial	kg/cm ²
0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.025	16.00	0.19	15.00	0.18	13.00	0.16
0.050	35.00	0.39	33.00	0.36	30.00	0.33
0.075	66.00	0.70	67.00	0.71	62.00	0.66
0.100	119.00	1.24	121.00	1.26	117.00	1.22
0.150	204.00	2.10	210.00	2.16	201.00	2.07
0.200	309.00	3.16	305.00	3.12	298.00	3.05
0.300	420.00	4.29	417.00	4.26	402.00	4.11
0.400	-	-	-	-	-	-

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE :

MOLDE No. :	4	5	6
Resistencia :	4.29 kg/cm ²	4.26 kg/cm ²	4.11 kg/cm ²
Prom. Resistencia :	4.22 kg/cm²		



ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE

ASTM D-2166

PROYECTO :	Materia Integradora		
UBICACIÓN :	ESPOL - Guayaquil		
FECHA :	2017-12-27		
MUESTRA :	Mina Pungarayacu - Provincia de Napo		
MATERIAL :	Base Granular + Asfaltita 15%		
ENSAYADO POR :	Mayra Mejía - Steven Muñoz	HOJA No.:	1

PESO MARTILLO :	10 lbs.	# DE CAPAS :	5
ALTURA DE CAIDA :	18 pulg.		

MOLDE No. :	7	8	9
Altura :	20.00 cm	20.00 cm	20.00 cm
Diámetro :	10.60 cm	10.60 cm	10.60 cm
Volumen :	1765 cm ³	1765 cm ³	1765 cm ³
Peso :	4872 gr	4868 gr	4871 gr
Golpes por capa :	25	25	25
Peso Total :	8737 gr	8755 gr	8710 gr
Peso Suelo :	3865 gr	3887 gr	3839 gr
Densidad Húmeda :	2190 kg/m³	2202 kg/m³	2175 kg/m³

CONTENIDOS DE HUMEDAD :

MOLDE No. :	7		8		9	
Recipiente No. :	406	510	103	101	108	109
Peso Recipiente :	27.08	23.33	22.85	28.24	28.19	27.89
Peso Húmedo :	159.70	153.10	172.82	157.74	143.62	140.11
Peso Seco :	149.72	143.48	161.61	148.18	134.93	131.77
Peso de Agua :	9.98	9.62	11.21	9.56	8.69	8.34
Peso Suelo Seco :	122.64	120.15	138.76	119.94	106.74	103.88
% Humedad :	8.14	8.01	8.08	7.97	8.14	8.03
Prom. % Humedad :	8.07		8.02		8.08	

ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE

ASTM D-2166

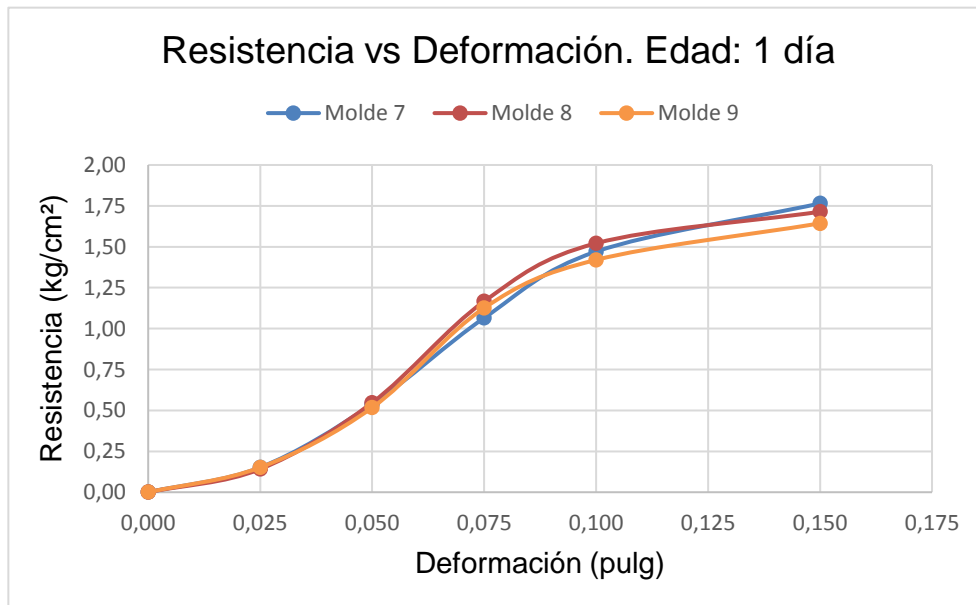
PROYECTO :	Materia Integradora				
UBICACIÓN :	ESPOL - Guayaquil				
FECHA :	2017-12-27				
MUESTRA :	Mina Pungarayacu - Provincia de Napo				
MATERIAL :	Base Granular + Asfaltita 15%				
ENSAYADO POR :	Mayra Mejía - Steven Muñoz			HOJA No.:	2

LECTURAS : **EDAD :** 1 día

MOLDE No. :	7		8		9	
Deformación (pulg.) :	Dial	kg/cm ²	Dial	kg/cm ²	Dial	kg/cm ²
0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.025	12.00	0.15	11.00	0.14	12.00	0.15
0.050	50.00	0.54	51.00	0.55	48.00	0.52
0.075	102.00	1.06	112.00	1.17	108.00	1.13
0.100	142.00	1.47	147.00	1.52	137.00	1.42
0.150	171.00	1.76	166.00	1.71	159.00	1.64
0.200	-	-	-	-	-	-
0.300	-	-	-	-	-	-
0.400	-	-	-	-	-	-

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE :

MOLDE No. :	7	8	9
Resistencia :	1.76 kg/cm ²	1.71 kg/cm ²	1.64 kg/cm ²
Prom. Resistencia :	1.71 kg/cm²		



ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE

ASTM D-2166

PROYECTO :	Materia Integradora				
UBICACIÓN :	ESPOL - Guayaquil				
FECHA :	2017-12-27				
MUESTRA :	Mina Pungarayacu - Provincia de Napo				
MATERIAL :	Base Granular + Asfaltita 15%				
ENSAYADO POR :	Mayra Mejía - Steven Muñoz	HOJA No.:	3		

LECTURAS :

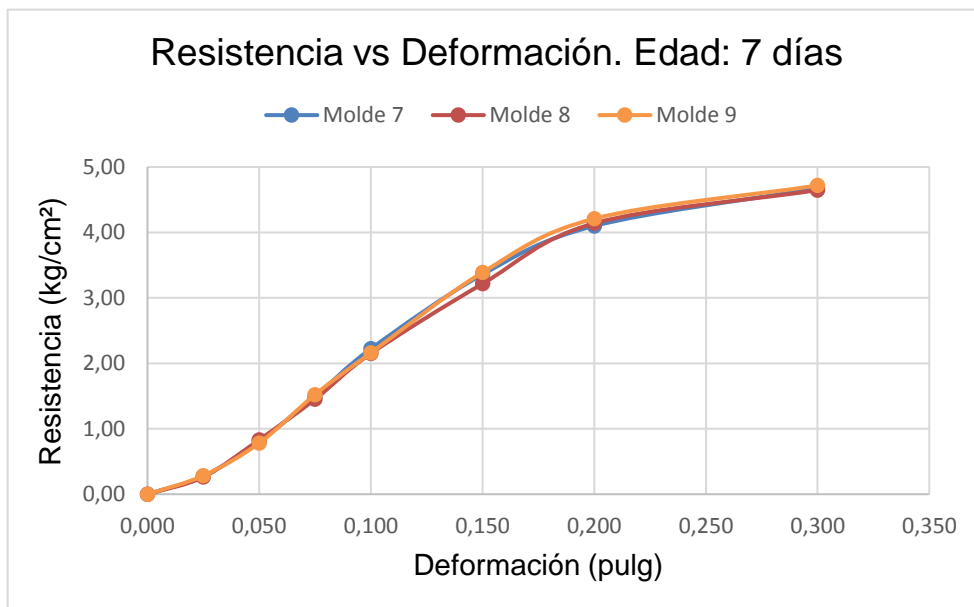
EDAD :

7 días

MOLDE No. :	7		8		9	
Deformación (pulg.) :	Dial	kg/cm ²	Dial	kg/cm ²	Dial	kg/cm ²
0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.025	24.00	0.27	23.00	0.26	25.00	0.28
0.050	77.00	0.81	79.00	0.83	74.00	0.78
0.075	144.00	1.49	140.00	1.45	147.00	1.52
0.100	216.00	2.22	209.00	2.15	210.00	2.16
0.150	328.00	3.36	314.00	3.22	331.00	3.39
0.200	401.00	4.10	405.00	4.14	412.00	4.21
0.300	458.00	4.68	455.00	4.65	462.00	4.72
0.400	-	-	-	-	-	-

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE :

MOLDE No. :	7	8	9
Resistencia :	4.68 kg/cm ²	4.65 kg/cm ²	4.72 kg/cm ²
Prom. Resistencia :	4.68 kg/cm²		



ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE

ASTM D-2166

PROYECTO :	Materia Integradora		
UBICACIÓN :	ESPOL - Guayaquil		
FECHA :	2017-12-27		
MUESTRA :	Mina Pungarayacu - Provincia de Napo		
MATERIAL :	Base Granular + Asfaltita 20%		
ENSAYADO POR :	Mayra Mejía - Steven Muñoz	HOJA No.:	1

PESO MARTILLO :	10 lbs.	# DE CAPAS :	5
ALTURA DE CAIDA :	18 pulg.		

MOLDE No. :	10	11	12
Altura :	20.00 cm	20.00 cm	20.00 cm
Diámetro :	10.60 cm	10.60 cm	10.60 cm
Volumen :	1765 cm ³	1765 cm ³	1765 cm ³
Peso :	4869 gr	4874 gr	4870 gr
Golpes por capa :	25	25	25
Peso Total :	8737 gr	8755 gr	8710 gr
Peso Suelo :	3868 gr	3881 gr	3840 gr
Densidad Húmeda :	2192 kg/m³	2199 kg/m³	2176 kg/m³

CONTENIDOS DE HUMEDAD :

MOLDE No. :	10		11		12	
Recipiente No. :	103	705	203	305	102	206
Peso Recipiente :	27.08	23.33	27.92	28.14	28.21	28.04
Peso Húmedo :	148.37	143.70	172.82	157.14	153.62	150.43
Peso Seco :	139.12	134.65	161.83	147.32	144.19	141.12
Peso de Agua :	9.25	9.05	10.99	9.82	9.43	9.31
Peso Suelo Seco :	112.04	111.32	133.91	119.18	115.98	113.08
% Humedad :	8.26	8.13	8.21	8.24	8.13	8.23
Prom. % Humedad :	8.19		8.22		8.18	

ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE

ASTM D-2166

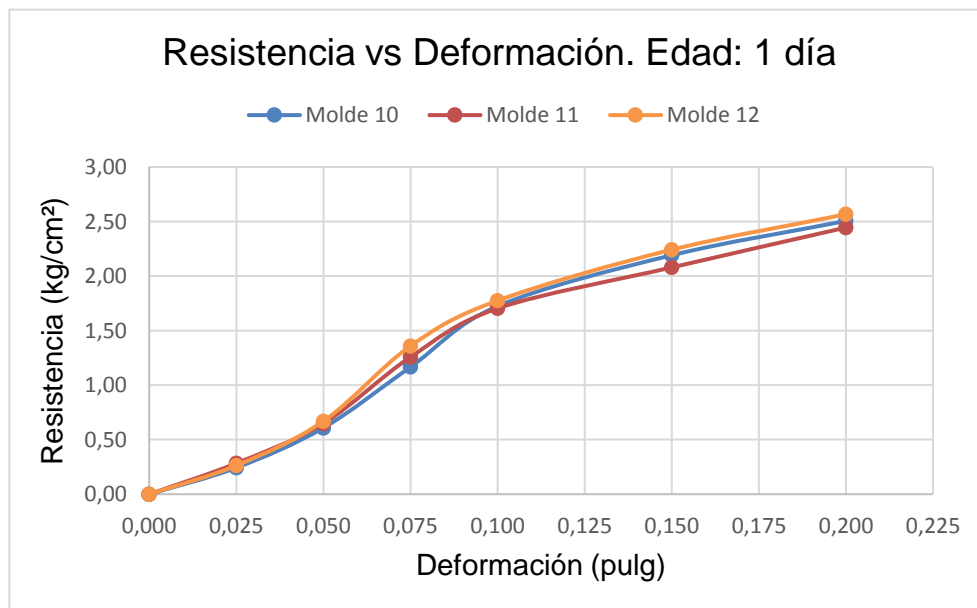
PROYECTO :	Materia Integradora				
UBICACIÓN :	ESPOL - Guayaquil				
FECHA :	2017-12-27				
MUESTRA :	Mina Pungarayacu - Provincia de Napo				
MATERIAL :	Base Granular + Asfaltita 20%				
ENSAYADO POR :	Mayra Mejía - Steven Muñoz	HOJA No.:	2		

LECTURAS : **EDAD :** 1 día

MOLDE No. :	10		11		12	
Deformación (pulg.) :	Dial	kg/cm ²	Dial	kg/cm ²	Dial	kg/cm ²
0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.025	21.00	0.24	25.00	0.28	23.00	0.26
0.050	57.00	0.61	61.00	0.65	63.00	0.67
0.075	112.00	1.17	121.00	1.26	131.00	1.36
0.100	167.00	1.72	165.00	1.70	172.00	1.77
0.150	213.00	2.19	202.00	2.08	218.00	2.24
0.200	244.00	2.51	238.00	2.44	250.00	2.57
0.300	-	-	-	-	-	-
0.400	-	-	-	-	-	-

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE :

MOLDE No. :	10	11	12
Resistencia :	2.51 kg/cm ²	2.44 kg/cm ²	2.57 kg/cm ²
Prom. Resistencia :	2.51 kg/cm²		



ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE

ASTM D-2166

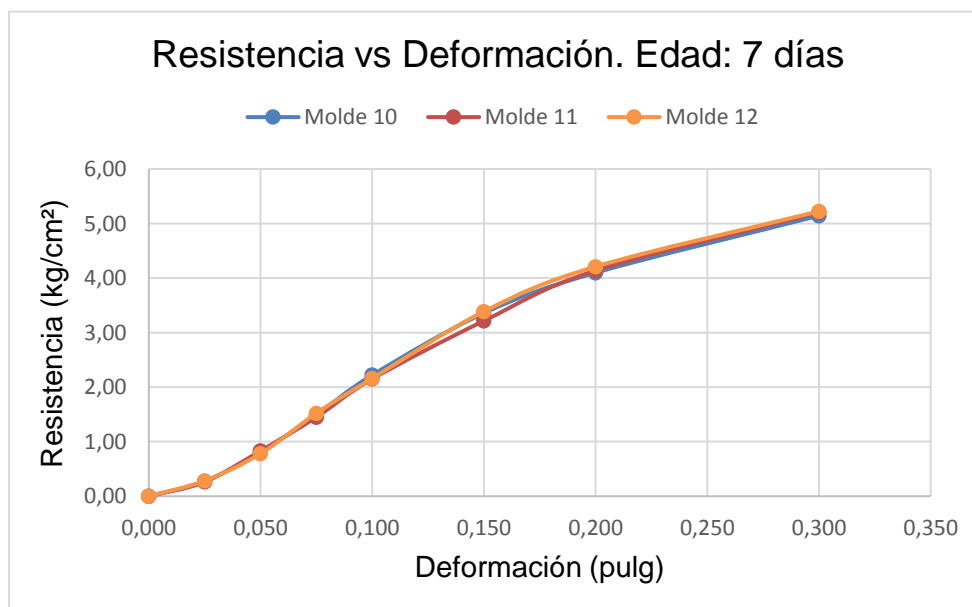
PROYECTO :	Materia Integradora				
UBICACIÓN :	ESPOL - Guayaquil				
FECHA :	2017-12-27				
MUESTRA :	Mina Pungarayacu - Provincia de Napo				
MATERIAL :	Base Granular + Asfaltita 20%				
ENSAYADO POR :	Mayra Mejía - Steven Muñoz	HOJA No.:	3		

LECTURAS : **EDAD :** 7 días

MOLDE No. :	10		11		12	
Deformación (pulg.) :	Dial	kg/cm ²	Dial	kg/cm ²	Dial	kg/cm ²
0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.025	24.00	0.27	23.00	0.26	25.00	0.28
0.050	77.00	0.81	79.00	0.83	74.00	0.78
0.075	144.00	1.49	140.00	1.45	147.00	1.52
0.100	216.00	2.22	209.00	2.15	210.00	2.16
0.150	328.00	3.36	314.00	3.22	331.00	3.39
0.200	401.00	4.10	405.00	4.14	412.00	4.21
0.300	504.00	5.14	510.00	5.20	512.00	5.22
0.400	-	-	-	-	-	-

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE :

MOLDE No. :	10	11	12
Resistencia :	5.14 kg/cm ²	5.20 kg/cm ²	5.22 kg/cm ²
Prom. Resistencia :	5.19 kg/cm²		



ANEXO E

PROPONENTES: Mayra Mejía - Steven Muñoz

PROYECTO: Materia Integradora

HOJA 1 DE 4

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: 1.00 UNIDAD: m3

DETALLE: EXCAVACION A MAQUINA

EQUIPOS

DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5 % M/O					0.07
Retroexcavadora	1.00	35.00	35.00	0.08	2.80
SUBTOTAL M =					2.87
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION (CATEGORIAS)	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Peón	1.00	3.54	3.54	0.08	0.28
Operador Retroexcavadora	1.00	6.04	6.04	0.08	0.48
Maestro	1.00	6.87	6.87	0.08	0.55
SUBTOTAL N =					1.32
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL O =					0.00
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL P =					0.00
TOTAL COSTO DIRECTOS X=(M+N+O+P)					4.18
INDIRECTOS Y UTILIDAD.....				0.00%	0.00
OTROS INDIRECTOS.....				%	
COSTO TOTAL DEL RUBRO					4.18
VALOR OFERTADO					\$ 4.18

PROPONENTES: Mayra Mejía - Steven Muñoz

PROYECTO: Materia Integradora

HOJA 2 DE 4

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: 2.00 UNIDAD: m3 - km

DETALLE: TRANSPORTE DE MATERIALES PETREOS

EQUIPOS

DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5 % M/O					0.00
Volqueta de 6m3	1.00	22.00	22.00	0.01	0.18
SUBTOTAL M =					0.18
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION (CATEGORIAS)	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Chofer volqueta	1.00	6.04	6.04	0.01	0.05
SUBTOTAL N =					0.05
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL O =				0.00	
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL P =				0.00	
TOTAL COSTO DIRECTOS X=(M+N+O+P)					0.23
INDIRECTOS Y UTILIDAD.....				0.00%	0.00
OTROS INDIRECTOS.....				%	
COSTO TOTAL DEL RUBRO					0.23
VALOR OFERTADO				\$	0.23

PROPONENTES: Mayra Mejía - Steven Muñoz

PROYECTO: Materia Integradora

HOJA 3 DE 4

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: 3.00 UNIDAD: m3

DETALLE: SUBBASE COMPACTADO

EQUIPOS

DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5 % M/O Rodillo Liso	1.00	35.00	35.00	0.53	0.53 18.66
SUBTOTAL M =					19.19

MANO DE OBRA

DESCRIPCION (CATEGORIAS)	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Peón	2.00	3.54	7.08	0.53	3.77
Maestro	1.00	6.87	6.87	0.53	3.66
Operador Rodillo	1.00	6.04	6.04	0.53	3.22
SUBTOTAL N =					10.65

MATERIALES

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B
Material de Sub-Base clase I	m3	1.30	5.00	6.50
Agua	m3	0.15	1.50	0.23
SUBTOTAL O =				6.73

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B
Transporte de material pétreo (35,7 km)	m3-km	46.41	0.31	14.39
SUBTOTAL P =				14.39

TOTAL COSTO DIRECTOS X=(M+N+O+P)	50.95
INDIRECTOS Y UTILIDAD..... 0.00%	0.00
OTROS INDIRECTOS..... %	
COSTO TOTAL DEL RUBRO	50.95
VALOR OFERTADO	\$ 50.95

PROPONENTES: Mayra Mejía - Steven Muñoz

PROYECTO: Materia Integradora

HOJA 4 DE 4

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: 4.00 UNIDAD: m3

DETALLE: BASE ESTABILIZADA CON 15% DE ASFALTITA

EQUIPOS

DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5 % M/O					0.63
Rodillo Liso	1.00	35.00	35.00	0.53	18.66
Rodillo neumático	1.00	35.00	35.00	0.53	18.66
SUBTOTAL M =					37.94
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION (CATEGORIAS)	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Peón	5.00	3.54	17.70	0.53	9.43
Operador Rodillo	1.00	6.04	6.04	0.53	3.22
SUBTOTAL N =					12.65
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B	
Piedra Base	m3	1.00	6.61	6.61	
Agua	m3	1.00	1.50	1.50	
Asfaltita	m3	1.00	5.00	5.00	
SUBTOTAL O =				13.11	
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
Transporte de material granular	m3-km	35.70	0.31	11.07	
Transporte de asfaltita	m3-km	35.70	0.31	11.07	
SUBTOTAL P =				22.13	
TOTAL COSTO DIRECTOS X=(M+N+O+P)					85.84
INDIRECTOS Y UTILIDAD.....				0.00%	0.00
OTROS INDIRECTOS.....				%	
COSTO TOTAL DEL RUBRO					85.84
VALOR OFERTADO					\$ 85.84

BIBLIOGRAFÍA

American Society for Testing and Materials. (Agosto de 2001). *ASTM International*. Recuperado el 7 de Enero de 2018, de ASTM C-136 - Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates: <https://www.astm.org/Standards/C136.htm>

American Society for Testing and Materials. (Octubre de 2003). *ASTM International*. Recuperado el 7 de Enero de 2018, de ASTM C-117 - Standard Test Method for Materials Finer than 75- μm (No. 200) Sieve in Mineral Aggregates By Washing: <https://www.astm.org/Standards/C117.htm>

American Society for Testing and Materials. (Diciembre de 2007). *ASTM International*. Recuperado el 7 de Enero de 2018, de ASTM D-1883 - Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils: <https://www.astm.org/Standards/D1883.htm>

American Society for Testing and Materials. (2012). *ASTM International*. Recuperado el 7 de Enero de 2018, de ASTM D-1557 - Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort (56.000 ft-lbf/ft³ (2.700 kN-m/m³)): <https://www.astm.org/Standards/D1557>

Andrango, C. M., & Castro, D. I. (Julio de 2009). *ESTUDIO DE RECUPERACIÓN DE CRUDOS PESADOS EN EL CAMPO PUNGARAYACU MEDIANTE INYECCIÓN DE VAPOR DE AGUA UTILIZANDO TECNOLOGÍA*

ACTUAL. Tesis de Grado, Escuela Politécnica Nacional, Escuela de Ingeniería, Quito.

ArchDaily Colombia. (2018). *ArchDaily*. Recuperado el 6 de Enero de 2018, de Concreto para Pavimentos - Argos: <https://www.archdaily.co/catalog/co/products/8342/concreto-para-pavimentos-argos>

Baby, P., Rivadeneira, M., & Barragán, R. (2004). *LA CUENCA ORIENTE: GEOLOGÍA Y PETRÓLEO* (1ra. ed.). Quito, Ecuador.

Banco del Estado. (2013). *Macro Programa "Construyendo Caminos"*. Banco del Estado, Quito.

Becker, E. (2012). Pavimentos y Pisos Industriales - Estado del arte y algunas recomendaciones. *Conferencia sobre Pavimentos y Pisos Industriales - Estado del arte y algunas recomendaciones*, (pág. 140). Buenos Aires.

Chilingarian, G. V., & Yen, T. F. (1978). *Developments in Petroleum Science: Bitumens, Asphalts and Tar Sands* (1ra. ed., Vol. 7). Amsterdam, The Netherlands: Elsevier Scientific Publishing Company.

Chiriboga, J. (2003). *Estudio geológico de la Formación Hollín*. Estudio Técnico, Petroproducción, Subgerencia de Exploración y Desarrollo, Quito.

Elizondo, F., & Sibaja, D. (2008). *GUÍA PARA LA ESTABILIZACIÓN O MEJORAMIENTO DE RUTAS NO PAVIMENTADAS*. Universidad de Costa

Rica, Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales, San José, Costa Rica.

GAD Parroquial de San Pablo de Ushpayacu. (2015). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial - San Pablo de Ushpayacu*. GAD Parroquial de San Pablo de Ushpayacu, Archidona.

Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Napo. (2015). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial - Napo 2020*. Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Napo, Dirección de Planificación, Tena.

Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Napo. (2015). *Plan Estratégico Institucional 2015 - 2018*. Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Napo, Dirección de Planificación, Tena.

Instituto Boliviano del Cemento y el Hormigón. (2010). *DISEÑO DE PAVIMENTOS (AASHTO-93) Y SOFTWARE DIPAV 2.0* (3ra. ed.). La Paz, Bolivia.

Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones. (2002). *MOP - 001-F 2002 Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes*. Ministerio Obras Públicas y Comunicaciones. Quito: MOP.

Montejo, A. (2002). *Ingeniería de Pavimentos: Fundamentos, estudios básicos y diseño* (2da. ed.). Bogotá, Colombia: Universidad Católica de Colombia Ediciones y Publicaciones.

Nações Unidas no Brasil. (3 de Febrero de 2016). *ONUBR - Nações Unidas no Brasil*. Recuperado el 6 de Enero de 2018, de Banco Mundial apoia ampliação de infraestrutura rodoviaria na Bahia: <https://nacoesunidas.org/banco-mundial-apoia-ampliacao-de-infraestrutura-rodoviaria-na-bahia/>

Núñez del Arco, E. (2003). *Geología del Ecuador*. Guayaquil, Ecuador.

Salazar, A. (1997). *Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos* (1ra. ed.). México D.F., México: Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto A.C.

Tapia, M. Á. (2011). *Pavimentos* (1ra. ed.). México D.F., México: Universidad Nacional Autónoma de México.

Unión de Concreteras S.A. (2013). *UNICON Profesionales en Concreto*. Recuperado el 6 de Enero de 2018, de UNICON Pavimentos: <http://www.unicon.com.pe/principal/categoria/6-unicon-pavimentos/85/c-851/2>

Universidad Mayor de San Simón. (2014). *Manual Completo Diseño de Pavimentos* (1ra. ed.). Cochabamba, Bolivia: UMSS - Facultad de Ciencias y Tecnología.