



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

“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA ESTABILIZACIÓN DEL
MATERIAL DE LA CANTERA “LA NEGRITA” UTILIZANDO
CEMENTO, TERRASIL, ZYCOBOND”

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Previo a la obtención del título de:

INGENIERO CIVIL

AUTOR(ES):

LISSETTE NATHALY CLEMENTE PANCHANA

JAIRO OMAR RAMÍREZ BAQUERIZO

TUTOR:

ING. LUCRECIA CRISTINA MORENO ALCÍVAR, Mg.

La Libertad – Ecuador

2019

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

“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA ESTABILIZACIÓN DEL
MATERIAL DE LA CANTERA “LA NEGRITA” UTILIZANDO
CEMENTO, TERRASIL, ZYCOBOND”

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Previo a la obtención del título de:

INGENIERO CIVIL

AUTOR(ES):

LISSETTE NATHALY CLEMENTE PANCHANA

JAIRO OMAR RAMÍREZ BAQUERIZO

TUTOR:

ING. LUCRECIA CRISTINA MORENO ALCÍVAR, Mg.

La Libertad – Ecuador

2019

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación, fue realizado en su totalidad por Lissette Nathaly Clemente Panchana y Jairo Omar Ramírez Baquerizo, como requerimiento para la obtención del título de Ingeniero Civil.

TUTORA

f. _____

Ing. Lucrecia Cristina Moreno Alcívar. Mg.

DIRECTOR DE LA CARRERA

f. _____

Arq. Gilda Rubira De Candell.

La Libertad, a los once días del mes de febrero del año 2019

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación, modalidad Proyecto de Investigación “ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA ESTABILIZACIÓN DEL MATERIAL DE LA CANTERA “LA NEGRITA” UTILIZANDO CEMENTO, TERRASIL, ZYCOBOND”, elaborado por la señorita LISSETTE NATHALY CLEMENTE PANCHANA y el señor JAIRO OMAR RAMÍREZ BAQUERIZO, egresados de la Carrera de Ingeniería Civil, Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de Ingenieros Civiles, me permito declarar que luego de haberla dirigido, estudiado y revisado, la apruebo en su totalidad.

TUTORA

f. _____

Ing. Lucrecia Cristina Moreno Alcívar. Mg.

La Libertad, a los once días del mes de febrero del año 2019

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, Lissette Nathaly Clemente Panchana y Jairo Omar Ramírez Baquerizo.

DECLARAMOS QUE:

El Trabajo de Titulación, “Análisis Comparativo De La Estabilización Del Material De La Cantera “La Negrita” Utilizando Cemento, Terrasil, Zycobond”, previo a la obtención del título de Ingeniero Civil, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de nuestra total autoría.

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

La Libertad, a los once días del mes de febrero del año 2019

LOS AUTORES

f. _____

Lissette Nathaly Clemente Panchana.

f. _____

Jairo Omar Ramírez Baquerizo.

AUTORIZACIÓN

Nosotros, Lissette Nathaly Clemente Panchana y Jairo Omar Ramírez Baquerizo.

Autorizamos a la Universidad Península de Santa Elena, la respectiva **publicación** de nuestro trabajo de titulación, cuyo tema es “Análisis Comparativo De La Estabilización Del Material De La Cantera “La Negrita” Utilizando Cemento, Terrasil, Zycobond”, cabe resaltar que el contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y total autoría.

La Libertad, a los once días del mes de febrero del año 2019

LOS AUTORES

f. _____

Lissette Nathaly Clemente Panchana.

f. _____

Jairo Omar Ramírez Baquerizo.

CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO



UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS, HORMIGONES Y ASFALTOS



La Libertad, 11 de febrero de 2019.

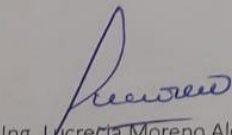
CERTIFICADO ANTIPLAGIO

002-TUTOR LCMA LUCRECIA CRISTINA MORENO ALCIVAR-2019

En calidad de tutor del trabajo de titulación denominado "Análisis comparativo de la estabilización del material de la cantera "La Negrita" utilizando cemento, Terrasil, Zycobond.", elaborado por los estudiantes Jairo Omar Ramírez Baquerizo con C.I. 0921522447 y Lissette Nathaly Clemente Panchana con C.I. 0927088468, egresados de la Carrera de Ingeniería civil, de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de INGENIERO CIVIL, me permito declarar que una vez analizado en el sistema antiplagio URKUND, luego de haber cumplido los requerimientos exigidos de valoración, el presente proyecto ejecutado, se encuentra con 4 % de la valoración permitida, por consiguiente se procede a emitir el presente informe.

Adjunto reporte de similitud.

Atentamente,


Ing. Lucrecia Moreno Alcívar, Mg.
C.I.:0911164127
DOCENTE TUTOR

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradecemos a Dios por darnos el regalo más hermoso como es la vida, la fuerza, salud y bendición de guiarnos en este camino.

A nuestras familias que siempre con su apoyo incondicional y consejos nos ayudaron y motivaron a seguir con el objetivo de culminar esta carrera.

Agradecemos a la Universidad Estatal Península de Santa Elena, a la carrera de Ingeniería Civil, a los docentes, que con sus valiosas experiencias y conocimientos ayudaron a nuestra formación durante nuestra etapa académica, permitiéndonos alcanzar los objetivos planteados.

Con mucho cariño agradecemos a la Ingeniera Lucrecia Moreno Alcívar, quien con su tiempo, experiencia, conocimientos y motivación nos orientó en la elaboración de éste trabajo de grado, además de los consejos y apoyo incondicional brindado.

A nuestros amigos que nos brindaron su amistad sincera y desinteresada su ayuda en los buenos y malos momentos durante nuestra etapa académica.

Lisette Nathaly Clemente Panchana.

Jairo Omar Ramírez Baquerizo.

DEDICATORIA

El presente proyecto se lo dedico a mis padres Pedro Clemente y Patricia Panchana, por su cariño, constancia y motivación, por darme la oportunidad de estudiar una carrera y creer en mis capacidades, aunque hemos pasado momentos difíciles nunca dejaron de brindarme sobre todo su comprensión, confianza, apoyo tanto físico, moral y económico.

A mis hermanos Andres Clemente y Pedro Clemente, por haberme brindado su apoyo de manera incondicional, a pesar de los obstáculos, siempre estuvieron alentándome para culminar mi carrera universitaria.

A mis hermosos y amados sobrinos Juan Andrés y Danna Clemente, fuente de inspiración y motivación a ser un gran ejemplo para ellos, demostrándole que a pesar de los obstáculos y la falta de recursos podemos superarnos con esfuerzo y dedicación haciendo de nuestros sueños una realidad.

A mi compañero Jonathan Gómez, por su cariño, comprensión, amor, colaboración que sin importar cuán difícil era el camino, siempre estuvo presente brindándome su apoyo de manera incondicional. A mis compañeros, con quienes se pudo compartir vivencias, alegrías y tristezas a lo largo de nuestra formación como profesionales.

Lissette Nathaly Clemente Panchana.

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo de grado principalmente a Dios porque me ha permitido alcanzar cada uno de mis objetivos, pese a las diferentes dificultades que se presentaron en esta trayectoria, las mismas que fueron superadas gracias a su bendición.

A mis padres: Haydee Baquerizo y Néstor Ramírez, por brindarme su apoyo incondicional durante mi formación académica; por el amor y valores que me inculcaron ser una persona de bien.

A mis hermanos, Marjorie Ramírez, Franklin Ramírez y Shirley Ramírez que supieron brindarme sus consejos, motivaron a que pueda cumplir la meta propuesta. De igual manera a mi compañera Samara Sánchez que con su amor, comprensión y ayuda a culminar con éxito mi carrera universitaria.

Con dedicación especial a mi tutora la Ing. Lucrecia Moreno Alcívar que con su gran liderazgo, valiosos consejos y excelentes valores me permitieron culminar con éxito la elaboración de este trabajo investigativo.

Jairo Omar Ramírez Baquerizo

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. _____

Ing. Juan Garcés Vargas.
DECANO DE LA FACULTAD

f. _____

Arq. Gilda Rubira De Candell.
DIRECTORA DE CARRERA

f. _____

Ing. Daniel Rosendo Campoverde Campoverde.
DOCENTE DEL ÁREA

f. _____

Ab. Víctor Manuel Coronel Ortiz.
SECRETARIO GENERAL

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS	VIII
DEDICATORIA	IX
DEDICATORIA	X
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	XI
ÍNDICE GENERAL.....	XII
ÍNDICE DE TABLAS	XVI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XVIII
ÍNDICE DE ANEXOS.....	XIX
ABREVIATURAS.....	XX
RESUMEN.....	XXI
SUMMARY	XXII
CAPÍTULO I.....	1
MARCO CONTEXTUAL DE LA INVESTIGACIÓN	1
1.1. Introducción.....	1
1.2. Antecedentes.....	4
1.3. Planteamiento del problema.....	6
1.4. Objetivos del proyecto.....	9
1.4.1. Objetivo general	9
1.4.2. Objetivos específicos.....	9
1.5. Alcance.....	9
1.6. Justificación.....	10
1.7. Hipótesis del trabajo.....	11
1.8. Variables	12
1.8.1. Variables Independientes.....	12
1.8.2. Variables Dependientes.....	12

1.9. Metodología.....	12
CAPÍTULO II.....	15
MARCO TEÓRICO.....	15
2.1. Estabilización de suelos.....	15
2.2. Tipologías de estabilizaciones de suelos.....	15
2.3. Estabilizar suelo cemento.....	16
2.3.1. Ventajas al estabilizar suelo con cemento.....	16
2.3.2. Aplicación de mejoramiento de suelo con cemento.....	17
2.3.3. Parámetros que se deben de monitorear en el control de calidad en el mejoramiento de suelo con cemento en obras civiles.....	17
2.4. Material de préstamo “La Negrita”.....	17
2.4.1. Geología del sector procedente.....	18
2.4.2. Formación geológica de Santa Elena.....	18
2.4.3. Climatología.....	19
2.4.4. Clasificación mineralógica de la cantera.....	19
2.5. Agua para el amasado.....	19
2.6. Cemento.....	20
2.6.1. Historia del cemento portland.....	20
2.6.2. Producción del Cemento.....	21
2.6.3. Tipos de cemento.....	22
2.6.4. Cemento tipo MH.....	23
2.6.5. Ventajas de cemento MH.....	24
2.6.6. Desventajas de cemento MH.....	25
2.6.7. Aplicaciones del cemento MH.....	25
2.7. Terrasil.....	25
2.7.1. Características del Terrasil.....	26
2.7.2. Ventajas de usar Terrasil.....	26

2.8. Zycobond.	27
2.8.1. Características de Zycobond.	27
2.8.2. Ventajas de usar Zycobond.	28
CAPÍTULO III.....	29
ENSAYOS DE LABORATORIO Y ELABORACIÓN DE MEZCLAS SUELO- ESTABILIZANTE.....	29
3.1. Características mecánicas de la cantera “La Negrita”	29
3.1.1. Contenido de humedad.....	29
3.1.2. Límites de Atterberg.....	30
3.1.3. Granulometría.....	32
3.1.4. Compactación Proctor Modificado	33
3.1.5. C.B.R.	34
3.1.6. Permeabilidad.....	35
3.1.7. Gravedad Especifica.....	36
3.1.8. Expansión	36
3.1.9. Abrasión de los Ángeles.....	38
3.1.10. Sulfatos	39
3.1.11. Compresión simple.....	40
3.1.12. Ensayo Humboldt Geogauge.....	41
3.2. Dosificaciones.....	42
3.2.1. Material existente mezclado con cemento.....	42
3.2.2. Material de la cantera “La Negrita” mezclado con terrasil	44
3.2.3. Material de la cantera “La Negrita” mezclado con cemento + terrasil.....	45
3.2.4. Material de la cantera “La Negrita” mezclado con cemento + terrasil + zycobond	45
3.3. Elaboración de probetas.....	46
3.3.1. Calculo de la masa de los materiales.....	46

3.3.2. Mezcla	46
3.3.3. Moldeo en probetas	47
3.4. Curado de probetas de suelo cemento.....	49
3.5. Refrentado.....	49
CAPÍTULO IV	51
ANÁLISIS DE RESULTADOS Y ANÁLISIS ECONÓMICO.....	51
4.1. Estudio de suelos	51
4.1.1. La Microscopía Electrónica de Barrido.....	55
4.1.2. Ensayo análisis semicuantitativo SEM-EDS.....	57
4.1.3. Ensayo de difracción de rayos X	58
4.2. Ensayos al suelo cemento endurecido.	60
4.2.1. Reacción Álcali-Sílice	60
4.2.2. Ensayo compresión simple a las probetas de suelo cemento.	61
4.2.3. Modulo Young en probetas de suelo cemento.	62
4.3. Análisis de precios unitarios	64
CAPÍTULO V	66
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	66
5.1. Conclusiones.....	66
5.2. Recomendaciones	67
BIBLIOGRAFÍA	68
ANEXOS	69

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Variables Dependientes</i>	12
Tabla 2. <i>Contenido de agua.</i>	30
Tabla 3. <i>Límites de atterberg.</i>	32
Tabla 4. <i>Granulometría.</i>	33
Tabla 5. <i>Proctor Modificado.</i>	34
Tabla 6. <i>C.B.R.</i>	35
Tabla 7. <i>Permeabilidad</i>	35
Tabla 8. <i>Gravedad Específica.</i>	36
Tabla 9. <i>Expansión.</i>	38
Tabla 10. <i>C.B.R.</i>	38
Tabla 11. <i>Durabilidad de los agregados a la acción del sulfato de magnesio.</i>	39
Tabla 12. <i>Compresión Simple.</i>	40
Tabla 13. <i>Requerimientos típicos de cemento, según los tipos de suelos.</i>	43
Tabla 14. <i>Clasificación del material de la cantera “La Negrita”.</i>	43
Tabla 15. <i>Dosificación del mortero de cemento para 3 cilindros de suelo cemento.</i>	50
Tabla 16. <i>Resultados promedios del ensayo de durabilidad.</i>	51
Tabla 17. <i>Resultado promedio del ensayo granulométrico del material de préstamo.</i>	52
Tabla 18. <i>Resultado promedio del ensayo granulométrico del material de préstamo.</i>	52
Tabla 19. <i>Resultado promedio del ensayo granulométrico del material de préstamo.</i>	52
Tabla 20. <i>Resultado promedio del ensayo de abrasión.</i>	53
Tabla 21. <i>Resultados promedio límites de Atterberg.</i>	53
Tabla 22. <i>Resultaos Promedio de Peso Específico.</i>	53
Tabla 23. <i>Resultaos Promedio CBR.</i>	54
Tabla 24. <i>CBR y Modulo de Young promedio con GeoGauge.</i>	54

Tabla 25. <i>Resultados del análisis semicuantitativo SEM-EDS</i>	58
Tabla 26. <i>Resultados de difracción por rayos X.</i>	59
Tabla 27. <i>Resultados promedios de la rotura probetas suelo cemento a los 28 días.</i>	61
Tabla 28. <i>Módulo de Young.</i>	62
Tabla 29. <i>Resultado del CBR de la alternativa 2.</i>	63
Tabla 30. <i>Resumen de ensayos.</i>	64
Tabla 31. <i>Rubros de base granular y rubros de base de agregados más estabilizantes</i>	64

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Cantera "La Negrita"	18
Figura 2. Cemento hidráulico tipo MH para estabilización de suelos.	24
Figura 3. Impermeabilizante TERRASIL	26
Figura 4. Impermeabilizante ZYCOBOND	27
Figura 5. Vía impermeabilizada con zycobond.	28
Figura 6. Riego de zycobond en una vía.	28
Figura 7. Muestras para obtener el contenido de humedad.	29
Figura 8. Amasado de muestras para límites de Atterberg.	31
Figura 9. Ensayo de Granulometría.	33
Figura 10. Ensayo Proctor Modificado.	34
Figura 11. Ensayo de Permeabilidad.	35
Figura 12. Ensayo de Gravedad Especifica.	36
Figura 13. Ensayo de Expansión.	37
Figura 14. Ensayo de Abrasión de los Ángeles.	38
Figura 15. Ensayo de sulfatos.	39
Figura 16. Ensayo de compresión simple.	40
Figura 17. Humboldt GeoGauge.	41
Figura 18. Mezcla manual de materiales para elaboración de probetas.	47
Figura 19. Mezcla manual de materiales para elaboración de probetas.	48
Figura 20. Curado de probetas de suelo – cemento.	49
Figura 21. Refrentado a probetas (capping).	50
Figura 22. Microscopio Electrónico de Barrido.	56
Figura 23. Imágenes del Microscopio Electrónico de Barrido, SEM.	57
Figura 24. Difractómetro de rayos X	58
Figura 25. Reacción Álcali – Sílice.	61

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A. Ensayos de Contenido de humedad.	69
Anexo B. Ensayos de Límites de Atterberg.	71
Anexo C. Ensayo Determinación de la Distribución Granulométrica.	73
Anexo D. Ensayo de Proctor Modificado.	74
Anexo E. Ensayo de CBR.	76
Anexo F. Ensayo de Abrasión de los Ángeles.	80
Anexo F. Ensayo de Permeabilidad.	84
Anexo G. Ensayo de Gravedad Específica.	86
Anexo H. Ensayo de Expansión.	88
Anexo I. Ensayo de Degaste a los Sulfatos.	90
Anexo K. Dosificaciones para probetas de suelo-estabilizante.	92
Anexo L. Ensayos de la Espol.	98
Anexo M. Ensayo a compresión simple de las probetas de suelo - estabilizante.	111
Anexo N. Ensayo Modulo Elástico/Young.	116
Anexo O. Análisis de Precios Unitarios.	121
Anexo P. Fotografías.	128

ABREVIATURAS

AASTHO American Association of the Highway and Transportation Officials (Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes).

ASTM American Society for Testing Materials (Sociedad Americana para Ensayos de Materiales).

BEC Base estabilizada con cemento.

CBR California Bearing Ratio (Ensayo de Capacidad Portante del suelo).

MTOP Ministerio de Transporte y Obras Públicas.

ESPOL Escuela Superior Politécnica del Litoral.

LEMAT Laboratorio de Ensayos Metrológicos y Materiales

SUCS Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.

LP Límite Plástico.

LL Límite Líquido.

IP Índice de Plasticidad.

LC Límite de Contracción.

IC Índice de Contracción.

**UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL**

TEMA: “ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA ESTABILIZACIÓN DEL MATERIAL DE LA CANTERA “LA NEGRITA” UTILIZANDO CEMENTO, TERRASIL, ZYCOBOND”

Autores: Lissette Nathaly Clemente Panchana
Jairo Omar Ramírez Baquerizo.

Tutor: Ing. Lucrecia Moreno Alcívar. Mg.

RESUMEN

En el área de construcción en la provincia de Santa Elena, posee gran interés en encontrar materiales que sean de buena calidad para ser empleados en la (construcción, creación, elaboración) de carreteras, y mejor aún si su aplicación resulta eficiente. En el presente trabajo de investigación se desea realizar un análisis comparativo del material de la cantera la negrita en el Cantón Salinas, utilizando estabilizantes como cemento vial MH, terrasil y Zycobond con el objetivo de mejorar las capacidades mecánicas de este material.

Contar con un nuevo material de uso alternativo, debe tener buen comportamiento frente a los esfuerzos de compresión para que sea posible su realización, ensayos de laboratorio para optimizar el control de calidad de este mezclado. Para estudiar el comportamiento del suelo estabilizante se elaboraron probetas cilíndricas de distintos diseños para, posteriormente analizar las propiedades mediante los ensayos pertinentes. Además, se espera que el presente trabajo sirva como base para el estudio de materias primas minerales de la localidad aptos para emplearse en el diseño de vías.

Palabras clave: Suelo, Suelo-Cemento, Estabilización, Terrasil, Zycobond.

**UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL**

THEME: “COMPARATIVE ANALYSIS OF THE STABILIZATION OF THE QUARRY MATERIAL "LA NEGRITA" USING CEMENT, TERRASIL, ZYCOBOND”

Authors: Lissette Nathaly Clemente Panchana
Jairo Omar Ramírez Baquerizo.

Tutor: Ing. Lucrecia Moreno Alcívar. Mg.

SUMMARY

In the construction area in the province of St. Helena, there is great interest in finding materials that are of good quality to be used in the (construction, creation, elaboration) of roads, and even better if their application is efficient. In the present research work we want to make a comparative analysis of the material from the bold quarry in Salinas Canton, using stabilizers such as road cement MH, terrasil and Zycobond in order to improve the mechanical capabilities of this material.

To have a new material of alternative use, it must have good behavior against the compression efforts so that it is possible to carry out laboratory tests to optimize the quality control of this mixture. In order to study the behavior of the stabilizing soil, cylindrical specimens of different designs were elaborated, to later analyze the properties by means of the pertinent tests. In addition, it is hoped that this work will serve as a basis for the study of local mineral raw materials suitable for use in track design.

Keywords: Soil, Soil-Cement, Stabilization, Terrasil, Zycobond.

CAPÍTULO I

MARCO CONTEXTUAL DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Introducción.

Al ser el suelo la base fundamental de toda obra civil, este puede ser utilizado de diversas formas, se lo puede emplear como material de construcción para la elaboración de terraplenes, muros, obras viales, entre otras. Por tal motivo este material debe cumplir con ciertas propiedades físicas y mecánicas que permitan su estabilidad y resistencia para que pueda satisfacer las distintas sollicitaciones a las cuales el material estará expuesto.

Esta investigación se dirige al análisis comparativo de la estabilización de bases granulares con adición de conglomerante (cemento), aditivo impermeabilizante orgánico (terrasil) y/o aditivo impermeabilizante con nanotecnología (zycobond), y para ello se ha seleccionado el material de la cantera “La Negrita” ubicado en la vía Punta Carnero del cantón Salinas de la provincia de Santa Elena, para poder realizar el presente estudio.

En general puede decirse que todos los suelos pueden ser estabilizados, pero la estabilización ha de lograrse mezclando otros agregados o por medio de nuevos elementos. En este tema de investigación, se realizará una comparación del mejoramiento del suelo utilizando, cemento, terrasil y el zycobond, pero hay que tomar en cuenta que el costo de la operación puede resultar demasiado alto dependiendo de las propiedades mecánicas de la cantera escogida para el presente análisis, sin embargo, se compensa con la no importación de materiales de préstamo desde provincias aledañas.

La utilización de estas nuevas técnicas de estabilización y mejoramiento de suelos en obras viales para cumplir especificaciones técnicas de sub- rasante, sub-base o base con el uso del conglomerante y/o aditivos impermeabilizantes, transforma químicamente el material inestable en utilizable, dando ciertas ventajas al material estabilizados como son las siguientes:

- Ofrece optimización en procesos constructivos.
- Da posibilidad de estabilizar los materiales de la zona, disminuyendo costos e impactos ambientales por menor demanda de equipos, materiales, transporte y escombreras.
- Disminuye los espesores de las capas en las estructuras de pavimento.

Se hizo una inspección visual a la cantera La Negrita para poder seleccionar el área de estudio, observando una homogeneidad del material. Se extrajo material de la cantera según la norma para llevarlo al laboratorio y comenzar con la ejecución de los ensayos mecánicos, es decir, las pruebas de laboratorio como: límites de atterberg, análisis granulométrico, determinación del peso específico máximo y humedad óptima (proctor modificado), C.B.R., abrasión de los ángeles, permeabilidad, compresión simple, parafina, sulfatos, difracción de rayos x, sistema electrónico de barrido, potencial de reactividad álcali-sílice, expansión y gravedad específica.

Luego de tener la caracterización del material de la cantera “La Negrita” ubicada en la vía Punta Carnero del Cantón Salinas se comenzó con las mezclas de estabilización con la finalidad de aumentar su valor de capacidad de carga, resistencia a la compresión y módulos resiliente, las mezclas para la estabilización del suelo serán:

- Material de la cantera con Cemento tipo MH
- Material de la cantera con Terrasil
- Material de la cantera con Terrasil + Cemento
- Material de la cantera con Terrasil + Zycobond + Cemento

Con la finalidad de lo anterior se hicieron probetas cilíndricas fabricadas con el material de la cantera “La Negrita” estabilizado con cemento, aditivo impermeabilizante orgánico y aditivo impermeabilizante nanotecnológico que se realizarán en dosificaciones específicas para cada caso, con el fin de obtener un material de mejores características de resistencia y deformabilidad.

Luego, se realizaron ensayos de resistencia del material, como son: ensayos de capacidad portante (CBR) de acuerdo a la norma ASTM D1883, ensayo de permeabilidad según la norma ASTM D5084, ensayo de absorción, ensayo de compresión simple según la norma estipulada en la ASTM D1632.

Para los ensayos de resistencia en el cemento o las probetas que tengan algún contenido de cemento se realizó el ensayo de modulo elástico en la compañía Holcim, porque el suelo estabilizado con cemento y el modulo elástico es muy similar al módulo resiliente.

Se usó el cemento base vial tipo MH, el aditivo impermeabilizante orgánico compuesto por el 100% de órgano-sinalos (terrasil), el co-polimérico acrílico en base a nanotecnología de última generación (zycobond), para realizar las probetas cilíndricas.

Se hicieron tramos de prueba para realizar ensayos de campo con el Geogauge que es un equipo de prueba estándar para la medición in-situ de la rigidez y el módulo elástico del suelo y sus agregados mediante un método electro-mecánico, para obtener valores aproximados al módulo resiliente para cada alternativa de diseño.

Comparando el módulo resiliente obtenido de fórmulas empíricas, a partir de las magnitudes de capacidad portante del ensayo de C.B.R. El módulo resiliente es un parámetro que se utiliza en los diseños de pavimento, sin embargo, este parámetro se lo obtiene directamente de un triaxial cíclico, equipo que no existe todavía en el país, por el cual se usara el Geogauge y así obtener el modulo elástico que tiene una proximidad con el módulo resiliente.

Este estudio permitió establecer el análisis técnico y económico de la mezcla con cemento, terrasil y/o zycobond para mejorar las características del material natural, donde se pudo hacer una comparación de los parámetros obtenidos para conocer cuál es más eficiente, y posteriormente un análisis de costo por metro cubico de suelo estabilizado.

1.2. Antecedentes.

La idea de estabilizar un material con el objetivo de utilizarlo en obras, proviene de hace miles de años, históricamente el hombre ha utilizado el cemento y otros conglomerantes puzolánicos en la estabilización de suelos cohesivos y expansivos, ejemplo de ello, son los trabajos realizados en la India y en las pirámides de Shaanxi en China construidas hace 5000 años, la comunicación durante el Imperio Romano y los famosos caminos blancos "sacbeh" de los mayas, construidos hace 2500 años en la zona norte de Mesoamérica. Estos caminos se construyeron con buen trazo y excelente terracería, de 5 a 6 metros de ancho, con un material fino calizo, que aún hoy en día constituye una superficie uniforme y compacta.

En otras civilizaciones como el imperio Inca y Azteca, los caminos estabilizados y empedrados fueron claves para el desarrollo de las actividades comerciales. En el siglo XIX se logran avances en la producción de aglomerantes, así como también en el desarrollo de quipos de construcción y técnicas constructivas, esto coincide con la producción en serie del vehículo automotor, con la ampliación y modernización vial de los Estados Unidos de América y algunas vías en Europa.

Por tanto, se crearon las condiciones óptimas para el desarrollo de muchos experimentos en mezclas de suelo y cemento, las cuales mostraron claramente las posibilidades de aprovechamiento de los suelos existentes, modificados en mayor o menor grado por la adición de cemento portland y posteriormente a la mezcla de compactación.

Terrasil es un compuesto con un 100% de organosilanos, solubles al agua, estable al calor y a los rayos ultravioleta, consiste en la impermeabilización del suelo y subsuelo, posee grupos de silanol que reaccionan con los silicatos presentes del suelo.

Zycobond es un aditivo Co-polimérico acrílico en base a nanotecnología de alta generación, soluble en agua que densifica las partículas de los suelos por lo cual

se usa en la estabilización, riegos de sellados y control de polvo en las capas de rodadura.

Se evalúan todas las mejoras producidas en el material original, desde el punto de vista técnico-económico y luego generar una alternativa de construcción con esta mezcla estabilizadora de cemento, terrasil y/o zycobond que puede ser utilizada tanto para cimentaciones de vías como también para edificaciones.

Las primeras contribuciones importantes a la mecánica del suelo se deben a Coulomb, que publicó un importante tratado sobre el fracaso de los suelos en 1776, y de Rankine, que publicó un artículo sobre los posibles estados de estrés en los suelos en 1857. En 1856 Darcy publicó su famosa obra sobre la permeabilidad de los suelos, en el suministro de agua a la ciudad de Dijon.

En el siglo 19, las obras de Newton, Cauchy, Navier y Boussinesq, dan los primeros fundamentos de la mecánica continua, incluyendo también a la estática y a la resistencia de los materiales. Pero ya en el siglo 20, la unión de todos estos fundamentos lograría formar una disciplina acorde a lo que se tiene en la actualidad. Cabe mencionar que el comité encargado de investigar el desastre, cerca de Weesp llegó a la conclusión de que los niveles del agua en el terraplén del ferrocarril aumentaron por la lluvia constante, y que la fuerza del muro de contención era insuficiente para soportar las altas presiones causadas por el agua.

Los ensayos de laboratorio de suelos se refieren a pruebas efectuadas para el detalle de las características geotécnicas de un terreno, como parte de las técnicas de un reconocimiento geotécnico. Estos ensayos se ejecutan sobre las muestras previamente obtenidas en el terreno y, dependiendo del tipo de ensayo, se exigen distintas calidades de muestra, en este trabajo de titulación se realizarán los siguientes ensayos:

- Ensayo de humedad
- Análisis granulométrico.
- Ensayos de limite liquido (LL), limite plástico (LP) e índice de plasticidad (IP).

- Proctor modificado.
- Comprensión simple.
- Permeabilidad.
- Ensayos de expansión libre y controlada.
- Ensayo de CBR.
- Abrasión de los ángeles.
- Peso específico.
- Gravedad específica.
- Ensayo Geogauge.
- Difractometría por rayos x.
- Microscopía electrónica de barrido.
- Análisis semicuantitativo SEM-EDS.
- Resistencia al aplastamiento.
- Módulo de elasticidad.

1.3. Planteamiento del problema.

Una problemática en la provincia de Santa Elena, es que las canteras tales como: San Vicente, Juan Montalvo, El Salado, San Marcos, San Antonio, y La Negrita, no cumplen con las exigencias de las especificaciones técnicas del MTOP para construcciones de vías, de tal manera que no cumplen con la vida útil para el cual fueron diseñadas, debido a que los materiales utilizados son extraídos de dichas canteras que por lo general tienen una gran variedad de vetas en su estado natural, por lo que se va perdiendo la inversión en estas vías año a año sin tener una solución definitiva.

Debido a lo antes mencionado, los materiales de estas canteras solo llegan a ser usado para mejorar la sub-rasante de varias vías, ocasionando que para una sub- base y base, se requiera adquirir materiales provenientes de la provincia del Guayas.

En el cantón Salinas de esta misma provincia no existen suficientes canteras donde se exploten material para el uso de mejoramientos de suelos, en este caso la cantera “La Negrita” ubicada en la vía Punta Carnero, es la única existente, de donde

se explota material para obras viales del mismo cantón. Además, ya no existen cerros dentro de esta localidad, ya que han sido explotados en décadas anteriores y en la actualidad solo queda la cantera antes mencionada, que fue seleccionada para el análisis del presente trabajo de titulación.

Cabe mencionar que el ente encargado de las construcciones viales de la Provincia de Santa Elena son los GADS Parroquiales, los GADS Municipales y la Prefectura, a la ausencia de estos recursos provoca que éstas entidades recurran a importar materiales de ciudades adyacentes o de otras provincias.

Debido a la falta de buenas canteras para el uso del material en obras viales, en la provincia de Santa Elena, se opta por adquirir material de canteras de Guayaquil, por ser el más cercano a la provincia, pero el costo de reparaciones o diseños de nuevas vías aumentan por el sobre acarreo, y genera presupuestos altos para proyectos de reparaciones viales en la provincia.

En la provincia de Santa Elena hay un alto porcentaje de carreteras lastradas con materiales menos resistentes y de un alto índice de plasticidad, volviéndolas en épocas de lluvias muy fangosas e imposibles de transitar. Y en algunos casos con pavimentos existentes que presentan fallas estructurales debido a otros agentes como: salinidad del suelo, baja capacidad portante y baja calidad de los materiales empleados, los cuales disminuyen la vida útil de los mismos.

En los países pequeños en vías de desarrollo se presentan varios problemas, como se puede mencionar la ausencia de vías de comunicación, así como el correcto manejo y control de aguas lluvias, pese a que esto es una parte vital para el desarrollo y el buen vivir de la población.

Se ha constatado que, en el Ecuador, la población ha tenido un incremento en los últimos años de forma significativa, obligando a los gobiernos descentralizados a ejecutar proyectos de organización territorial, vías de acceso, alcantarillado sanitario y pluvial en mayor escala. Sin embargo, en el cantón de Salinas de la provincia de

Santa Elena, cerca del 55% de sus vías no tienen tratamiento, y solo el 45% cuenta con vías asfaltadas, según planos generales del GAD Municipal de Salinas.

En la provincia de Santa Elena, específicamente en el cantón Salinas, se ha constatado que un bajo índice de calles asfaltadas y alcantarillado pluvial. Alrededor de dieciocho mil personas de los sesenta y ocho mil seiscientos setenta y cinco mil (nativas o residentes) que habitan en éste cantón, viven con problemas de salubridad, ausencia de asfaltado en las calles y la inseguridad ciudadana.

Los últimos años, la propia ciudadanía en facultad de conocimiento de sus derechos ha exigido a las autoridades de cada GAD municipal que se preocupen por brindar una solución factible a la problemática que se deriva de la falta de asfaltado de vías, el mismo que se transforma en un problema de salud, social y ambiental, sobre todo, en aquellos sectores donde, de alguna manera, se ven afectados por las actividades del servicio.

El aumento de tráfico vehicular cada año se vuelve congestional en las vías de la provincia de Santa Elena y la creciente demanda de pavimentos resistentes, perdurables y auténticos han llevado a la investigación de nuevos materiales o la combinación de ellos para bases y sub-base, con novedosas metodologías de diseño y soluciones más ventajosas. Como resultado de ésta investigación se determinará que existen continuas innovaciones referente a combinaciones de suelos con nuevos aditivos conglomerantes.

La adición de estos nuevos materiales se mejorará la estabilidad y la resistencia de los suelos, disminuyendo el grosor de las capas y el crecimiento de su vida media, con estos productos innovadores entre ellos: cemento, terrasil y zycobond, resultarán de gran aportación para la industria de la ingeniería civil de manera considerable, al utilizar materiales de canteras locales que han sido estabilizados con estos productos, podrá disminuir el impacto ambiental y reducir la explotación de las canteras existentes.

Con este antecedente, y por la importancia del tema, este trabajo de investigación pretende disminuir costos, aportar y brindar una alternativa de solución para el mejoramiento de capas granulares siendo económicas, resistentes y durables, con la finalidad que los entes públicos apliquen estas técnicas en sus construcciones.

1.4. Objetivos del proyecto.

1.4.1. Objetivo general

Análisis técnico-económico de la estabilización del material de la cantera “La Negrita” ubicado en la vía Punta Carnero del cantón salinas de la provincia de Santa Elena utilizando cemento, terrasil y zycobond.

1.4.2. Objetivos específicos.

- Evaluar las características físico-mecánicas del material de cantera “La Negrita”.
- Determinar la variación de capacidad portante del material en estado natural comparados con cada una de las alternativas.
- Análisis técnico de las cuatro mezclas utilizadas.
- Análisis comparativo de precios unitarios y costos por metro cubico.

1.5. Alcance.

El proyecto de investigación busca el máximo aprovechamiento de los materiales más cercanos implementados en el ámbito de la construcción como casos para un terraplén, para una edificación o para un pavimento, buscando una estabilización del mismo, y de esa manera reducir tiempo de construcción y costos. Además, este proyecto busca como meta ayudar a los constructores y proyectistas que tengan que utilizar un suelo estabilizado.

Las primeras investigaciones de la estabilización de estos materiales, las ventajas y desventajas, las posibilidades de su empleo y la forma de aplicarlos con las

diferentes maquinarias. Se complementarán con la elección del conglomerado más adecuado en función de la naturaleza del suelo y a la capacidad de soporte que va regido en base a las normas.

Además, se quiere trabajar con materiales cuyas canteras se encuentren cercanas a las obras civiles para cumplir con los parámetros mecánicos, estipulados en las normas y de esta manera minimizar los costos de acarreo que se generan en la actualidad para la construcción y mejora de las capas de un pavimento, y así evitar traer materiales desde otras provincias.

Otro objetivo es minimizar la explotación de los materiales de canteras de la provincia de Santa Elena, con estas nuevas investigaciones con el uso de los productos estabilizantes, dando un menor espesor de las capas que conforman un diseño de pavimento y poder reducir material pétreo para las construcciones de carreteras.

La intención del estudio está basada en el planteamiento de la línea de investigación aplicada, y para ello se estableció un programa de ensayos en función de varias alternativas de diseño para lograr un análisis técnico-económico más óptimo.

1.6. Justificación.

Cuando se examina la estabilización de un material granular de cantera, se trata de resolver inconvenientes de resistencia, durabilidad y permeabilidad del mismo, obteniendo muestras del material estabilizado y ensayarlo, en este caso, no solo es importante analizar las relaciones de esfuerzo-deformación existentes, sino que a la vez se examinó el cambio de las características físicas y mecánicas del suelo (material de la cantera) al ser estabilizado con las diferentes alternativas mencionadas en la introducción, por eso es importante verificar la estabilización del suelo con los conglomerantes, ya que se modifican algunas de sus características indeseables para el propósito de uso que se quiere dar a dicho suelo.

En la elaboración de pavimentos es esencial minimizar y ahorrar al máximo posible los costos de los movimientos de tierras y materiales de construcción, ya que

al traer de lugares más lejanos los presupuestos son más elevados y genera un alto costo para la obra. Además, la gran competitividad en obras civiles y el entorno de éstas, exigen la continua mejora de los procesos constructivos en el ámbito de costo, tiempo y calidad.

Por lo tanto, es necesario cumplir con la distancia máxima permitida desde el centro de gravedad (50 km) de la cantera hasta el área donde se realiza el proyecto, esto exige analizar sus propiedades, para conciliar los tratamientos y medidas requeridas con la finalidad de lograr que su comportamiento sea favorable y confiable durante el tiempo de vida útil de la construcción, a un costo razonable.

Los tratamientos y estabilización de materiales son una solución muy interesante desde el punto de vista técnico-económico, tomando en cuenta que los tipos de suelos locales estabilizados generan menores costos que los importados de otras provincias.

El mejorar el confinamiento de un suelo, es una técnica aplicada en muchos países y su objetivo es alcanzar aprovechamientos tanto técnicos como económicos y poder tener una disminución del tiempo en los sistemas constructivos o el uso de la mano de obra, estandarizando sus procesos de manera que se puedan utilizar equipos y maquinarias común o utilizando estos nuevos materiales estabilizadores, que permitan disminuir el impacto ambiental, y a la vez se torna indispensable obtener nuevas y mejores alternativas para la construcción y mejoramiento de las capas granulares de una vía.

1.7. Hipótesis del trabajo.

Al utilizar los productos cemento vial tipo MH, terrasil y zycobond de la compañía Optimasoil como agentes estabilizantes del material de la cantera “La Negrita”, logran mejorar la problemática de resistencia, durabilidad y permeabilidad del material, comprobados con los respectivos ensayos de laboratorio de cada problema existente.

1.8. Variables

1.8.1. Variables Independientes

Caracterización física – mecánica del material existente en cantera “La Negrita” ubicada en el sector Punta Carnero, del cantón Salinas de la provincia de Santa Elena.

1.8.2. Variables Dependientes.

Apreciación de los diferentes ensayos aplicados al mejoramiento del suelo con las cuatro alternativas utilizando como conglomerante cemento, terrasil, zycobond. Las variables que intervienen en cada una de estas categorías se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 1.

Variables Dependientes

Características Fundamentales	Variables Dependientes
Características físico mecánicas del material de la cantera	Densidad máxima del Proctor
	Humedad optima
	Resistencia a CBR
Mejoramiento del material de la cantera con los estabilizantes	Resistencia a CBR en suelos mejorados
	Prueba de resistencia a la compresión de suelos estabilizados

Fuente: Lissette Clemente – Jairo Ramírez

1.9. Metodología.

La metodología de trabajo empleado, para el desarrollo del estudio será llevado a cabo en cinco fases:

- Recolección del material teórico.

En esta fase se recopilará toda la información sobre el material referido, agentes estabilizantes y las metodologías, técnicas y normativas de diseño, nacionales e

internacionales. Además, se incluyen objetivos y alcances del proyecto, información geográfica y metodologías de trabajo.

- Caracterización del material de cantera.

Consiste en la descripción de los diferentes componentes del Proyecto, como lo es la identificación del material de la cantera en base a ensayos de caracterización, como son: límites de atterberg, análisis granulométrico, determinación del peso específico máximo y humedad óptima (proctor modificado), C.B.R., abrasión de los ángeles, permeabilidad, compresión simple, parafina, sulfatos, difracción de rayos x, sistema electrónico de barrido, potencial de reactividad álcali-sílice, expansión y gravedad específica en el laboratorio de suelos.

- Realización de alternativas de diseño.

En esta etapa del análisis se determinan las dosificaciones de las mezclas a utilizar para cada porcentaje del uso de los estabilizadores de suelo, siendo estos: material de la cantera con cemento tipo MH en porcentajes de 3%, 5%, 7% y 9%, material de la cantera con Terrasil, material de la cantera con terrasil + cemento, material de la cantera con terrasil + zycobond + cemento.

- Elaboración y curado de probetas de suelo-cemento.

Se elaborarán nueve probetas cilíndricas para cada alternativa planteada en moldes metálicos no deformables ni absorbentes de 15 cm. de diámetro por 30 cm. de altura. Luego pasa por una protección de curado para no perder la humedad, embalados con plástico y luego sumergidos en agua, posteriormente se someten a las pruebas pertinentes para determinar su resistencia y deformabilidad.

- Análisis de resultados y conclusiones.

En esta última etapa se examinan todos los resultados obtenidos por todos los ensayos realizados, presentando las características que cada mezcla presenta frente a

la densidad, trabajabilidad, tracción y capacidad de soporte a la compresión, para el análisis comparativo y obtener luego un análisis técnico-económico de las mejores mezclas realizadas.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Estabilización de suelos

La estabilización de suelos es un proceso mediante el cual, se someten los suelos naturales a ciertas manipulaciones, garantizando la permanencia de su estructura compactada, transformándolo en un material mejorado que cumplen con las especificaciones técnicas estipuladas en las normas.

En una construcción civil es importante realizar un análisis de los parámetros del material que se va a utilizar en obra, comprobando sus características mecánicas y físico-químicas. Cuando los suelos no cumplen con las especificaciones técnicas, en lugar de sustituirlo existe como solución estabilizarlos con diferentes métodos, modificando sus propiedades, y brindando una mejor estabilidad a su estructura.

2.2. Tipologías de estabilizaciones de suelos.

Es necesario tomar en cuenta, que la estabilización de suelos no es una herramienta aplicable a todo tipo de suelo, es importante conocer las condiciones de éste, para tener en claro que parámetros se van a mejorar. Las propiedades del suelo se pueden alterar de diferentes maneras y en la actualidad existen diversos tipos de estabilización que se han desarrollado a través del tiempo con la ayuda de proyectos de investigación.

Cuando se define el termino de estabilización de suelo es correcto analizar y comprender que el mejoramiento es una medida que mejora las propiedades naturales de los suelos. Por otro lado, hay que recalcar que estos métodos solo se aplican a un grupo seleccionado de materiales.

Por lo tanto, existen parámetros mecánicos que los ingenieros civiles en obras deben tomar en cuenta, para seleccionar el método de estabilización más adecuado de acuerdo a las propiedades que se deseen mejorar y estas se detallan a continuación:

- Estabilidad volumétrica. Estas problemáticas se presentan en los suelos expansivos debido a los cambios de volumen que se puedan dar con las variaciones de humedad que se originan por las estaciones climáticas.
- La Resistencia. –Esta propiedad permite que el suelo absorba los esfuerzos que transmiten cargas exteriores. En caso que esta magnitud no cumpla con las exigencias estipuladas en la norma, bien podría incrementarla con algún método de estabilización apropiado para cada tipo de suelo.
- Permeabilidad. – Es la capacidad que tiene el fluido de pasar a través de una estructura de suelo, sin embargo, se puede reducir la permeabilidad por métodos mecánicos, pero también existen otros métodos como la adición de emulsiones o la adición del terrasil nanotecnológico, el cual sin reducir el volumen de vacíos que se logra impermeabilizar a los suelos.
- Compresión. - Este se refiere someter la muestra de suelo a dos fuerzas opuestas reduciendo su altura, determinando la máxima resistencia a la compresión que puede soportar el suelo a la imposición de una carga.

2.3. Estabilizar suelo cemento.

Estabilizar el suelo con cemento tienen como objetivo principal, lograr un desempeño eficaz y de alta calidad aplicable en obras civiles, mejorando las propiedades mecánicas estipuladas en las normas.

2.3.1. Ventajas al estabilizar suelo con cemento.

Tomando en cuenta lo antes mencionado con relación a la estabilización o mejoramiento del suelo hay que recalcar las respectivas ventajas al mejorar el suelo con cemento, entre las que se puede mencionar las siguientes:

- Mejora los procesos de construcciones civiles.

- Disminuye costos y reduce el daño que se hace al medio ambiente, con la explotación indiscriminada de las canteras.
- Da mayor tiempo de vida al lugar donde se encuentra la obra civil.

2.3.2. Aplicación de mejoramiento de suelo con cemento.

La utilización del método de adición de cemento al suelo, para mejorar sus características mecánicas, generalmente son usados en suelos de fundación para aumentar su capacidad portante y en materiales que se emplean en las vías como: base, sub-base o sub-rasante.

2.3.3. Parámetros que se deben de monitorear en el control de calidad en el mejoramiento de suelo con cemento en obras civiles.

- Cumplir con la resistencia a la compresión estipulada en la Norma ASTM D1633.
- Verificar que cumpla con la densidad de diseño, ya que esta se ve afectada por el grado de compactación y por el contenido de agua en la mezcla.
- Comprobar el cumplimiento de la cantidad mínima de cemento, es decir su porcentaje obtenida en el diseño.

2.4. Material de préstamo “La Negrita”.

Los suelos son materiales trifásicos, compuestos por una fase sólida, una líquida y otra gaseosa; es un sustrato físico sobre el que se realizan obras civiles, sin embargo, es importante conocer las propiedades físico-químicas, especialmente las propiedades mecánicas, el suelo se caracteriza en dos grandes grupos; los suelos finos, compuestos por arcillas - limos y los suelos granulares formados por arenas - gravas, por otra parte, también por su forma y color. (Peck, 2007).

En la cantera La Negrita se puede explotar material que según el sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS) corresponde a GW-GM y según la ASSTHO este material se clasifica en A-2-7.



Figura 1. Cantera “La Negrita”

Fuente: Lissette Clemente – Jairo Ramírez.

2.4.1. Geología del sector precedente.

El área de investigación está ubicada en la provincia de Santa Elena al noroeste de la zona costanera. Las muestras han sido obtenidas del sector Punta Carnero del cantón Salinas de la provincia de Santa Elena, la ubicación en coordenadas UTM (Universal Transverse Mercator) son: N 9’746,466.6 y E 510,505.9, que corresponde a la cantera “La Negrita”, se la relaciona con “la formación tablazo, este se encuentra en discordancia sobre las rocas cretácico – paleógenos de la Provincia Santa Elena, el cual están formadas por coquinas y areniscas calcáreas con un porcentaje máximo de sílice.”¹

2.4.2. Formación geológica de Santa Elena.

“Antes conocida como “Cherts Santa Elena”, aflora al oeste de la península de Santa Elena, a sur oeste de la cordillera Chongon Colonche y a lo largo de la falla de Santa Cruz. El término de formación fue dispuesto por Marchant (1956) para distinguir los cherts deformados (roca sedimentaria rica en sílice). Otros investigadores como

¹ Micropaleontología Ecuatoriana, Dra. Martha Ordoñez - Ing. Nelson Jiménez -Ing. Johnny Suárez, pág. 118.

Sinclair y Berkey (1923), describen a las lutitas silíceas como radiolaritas (rocas sedimentarias por contener fósiles de moluscos), Jaillard (1993) confirma la existencia de lutitas silíceas blancas, grises o verdosas con un porcentaje de cherts negros o marrones, en 1983 Benítez nota la presencia de turbiditas finas distales.”²

2.4.3. Climatología.

“El clima tiene una variación entre tropical húmedo y tropical seco. La temperatura media anual se encuentra entre los 23.5 y 25.2 °C, llegando a temperaturas máximas de 32°C en la estación de invierno y las mínimas son del orden de 16°C., en los meses de julio a septiembre. La estación de lluvias se presenta de enero a abril, con precipitaciones anuales inferiores a 500 mm.”³

2.4.4. Clasificación mineralógica de la cantera.

La clasificación mineralógica es basada en la composición química y estructura interna del suelo, las cuales representan la esencia de un mineral y a su vez determinan sus propiedades físicas. De acuerdo con la composición química, los minerales se dividen en clases por ejemplo, los óxidos, los haluros, los sulfuros y los silicatos, etc.

Según los ensayos de difracción por rayos X y la microscopía electrónica de barrido, el suelo de la cantera en estudio, existe como mayor porcentaje los compuestos de sílice y cristobalita.

2.5. Agua para el amasado.

No existen enormes restricciones en la utilización del agua para mezclas de suelo-cemento, toda agua potable es óptima para usarlas en el amasado de las mezclas, no se recomienda agua de desagües, relaves de minas, de altas montañas, mar, aguas

² Micropaleontología Ecuatoriana, Dra. Martha Ordoñez - Ing. Nelson Jiménez -Ing. Johnny Suárez, pág. 99.

³ Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Santa Elena, 2012-2019, pág. 10.

residuales, aguas aceitosas, con contenidos de ácidos o aguas que contengan un olor o sabor desagradable. No se recomienda agua con ausencia de materiales en suspensión ya que podría utilizarse para la realización de métodos de decantación que logre obtener agua sin turbidez. En conclusión, se debe utilizar un agua que se encuentre libre de material impuro, materia orgánica o sólidos en suspensión.

El agua de amasado mejora la trabajabilidad en su colocación y además debe ser la adecuada para lograr obtener la densidad seca máxima del ensayo del proctor. Y que el cemento reaccione para que inicie su tiempo de fraguado.

2.6. Cemento.

“El cemento es una mezcla de diferentes materiales seleccionados extraídos, proporcionados y calcinados a una temperatura de fusión, para lograr una composición química muy adecuada para los diferentes usos, ya que al mezclarla con agua sufren cambios químicos que con el pasar del tiempo se endurecen como una piedra. De la misma manera, se define como cemento a los conglomerantes hidráulicos que combinándolos con agua se obtendrá una mezcla en forma de pasta, se fragua y se endurecen a causa de la reacción de hidrólisis e hidratación de sus componentes.”⁴

Los materiales principales para la elaboración del cemento hidráulico son calizas, margas y arcillas, las cuales se adhieren en proporciones definidas. La mezcla prima se calcina a 1450°C para obtener el Clinker, posterior a eso pasa por una molidora para obtener la finura adecuada.

2.6.1. Historia del cemento portland.

“El cemento portland se empezó a utilizar en la antigua Roma, material extraído por rocas volcánicas el nombre portland se debe a que tiene un parecido a la roca de la isla portland ubicada en el condado de Dorset en Reino Unido, por lo tanto es el que más se usa en las construcciones y usado como conglomerante para

⁴ Suelo – Cemento, Eduardo de la Fuente.

preparación de hormigón, sabiendo que se tiene la propiedad más importante en el ámbito de la construcción es fraguar, endurecer con la presencia del agua y sobre todo resistir a diferentes agentes climáticos, el cemento fue estudiado en Inglaterra en el año 1824 por Joseph Aspdin (constructor).”⁵

2.6.2. Producción del Cemento

Una vez estudiada la historia se debe conocer la manera de fabricación del conglomerante Portland y esto se debe a tres fases:

- Preparación de las mezclas
- Producción del Clinker
- Preparación del Cemento Portland.

Las diferentes sustancias para la preparación del cemento Portland son minerales que a su vez contienen el óxido de calcio, Dióxido de silicio, Oxido de Aluminio y para culminar Óxido de hierro. Las materias primas se obtienen en las canteras que es mejor que estén en lugares cercanos a las fábricas de Cemento.

Generalmente los minerales ya constan con la composición adecuada, aunque cabe recalcar que en algunos casos es necesario agregarle arcilla o carbonato de calcio. La mezcla es ubicada a una temperatura con un horno especial con una forma cilíndrica ubicado horizontalmente, con el pasar del tiempo y la cantidad la temperatura aumenta a la longitud del cilindro unos 1450°C. En el lugar donde este menor la temperatura la roca caliza se integra al oxido de calcio y dióxido de carbono y en la parte donde hay mayor temperatura el componente oxido de calcio se adhieren a los silicatos y se forman una diminutiva cantidad de aluminio y ferro aluminato.

La obtención de dicho proceso es el denominado Clinker y este material puede ser guardado por algunos años antes de utilizarlo para la fabricación del cemento que no debe tener ningún contacto con el agua, debido a esto existe también la mejora del

⁵ Suelo – Cemento, Eduardo de la Fuente.

Clinker ya que se le agrega una pequeña cantidad aproximada de 2% de yeso y la mezcla es finamente molida, ese polvo que se obtiene es el cemento preparado para la utilización al tipo de construcciones.

El cemento al ser mezclado con agua, se obtiene el producto de contextura elástica y adherente, que se solidifica y endurece durante varias semanas, se obtiene como resultado su endurecimiento, adquiriendo la resistencia deseada. Cabe aclarar que el tiempo de endurecimiento es debido al agua, yeso y el aluminato de calcio. El sucesivo endurecimiento y el desarrollo de fuerzas internas de tensión, hacen que se unan las estructuras y fijen los granos de los materiales presentes en la mezcla.

2.6.3. Tipos de cemento

En vista a las necesidades que se van observando en las obras y a las innovaciones referente a los tipos de cemento, que también han evolucionado, sin dejar a un lado las normativas dispuestas en la ASTM C150/INEN 152, que cuentan con las caracterizaciones de los cementos Portland tipo 1 al tipo 6, al ASTM C1157/INEN 490 cuentan con los cementos adicionados puzolana tipo IP y por último la ASTM C1157/INEN 2380 con el desempeño de hormigón hidráulico.

La norma C150/INEN 152 clasifica los tipos de cementos Portland puros de la siguiente manera:

- Tipo I (cemento común)
- Tipo II (cemento transformado)
- Tipo III (cemento de alta resistencia preliminar)
- Tipo IV (cemento de escaso calor de filtración de agua)
- Tipo V (cemento invulnerable a los sulfatos)
- Cemento con inclusión de aire C150 (1A, 2A y 3A)

Norma ASTM C159/INEN 490, clasifica los tipos de cemento de la siguiente manera: TIPO IS (Cemento Portland con desecho al hornillo), TIPO IP (Cemento Portland con aglutinación de Puzolana utilizados cuando no se requiere mayor

resistencia), TIPO I (SM) Cemento Portland con desecho modificado, TIPO S (reside en la combinación de Clinker, ceniza, puzolana y desecho que se las trituran juntas, dando lugar a una menor liberación de calor).

- Cemento Puzolanicos (P): Su utilización es para un gran número de obras como: canales, pavimentos, en obras de aguas puras y ambientes agresivos, hormigonados bajo agua, obras marinas, etc.
- Cemento de alto Horno: Proviene de elaboraciones siderúrgicas con su contenido en CAL. Este cemento tiene poca retracción y se pone débil al calor de hidratación por lo que son usados sin riesgos en grandes macizos.

En la actualidad la clasificación de los tipos de cemento según la Norma ASTM C1157/INEN2380, es de la siguiente manera:

- TIPO GU -. Son cementos utilizados para construcciones generales.
- TIPO HE -. Hormigón de alta resistencia inicial.
- TIPO MS-. Con ponderada resistencia a los sulfatos.
- TIPO HS-. De máxima resistencia a los sulfatos.
- TIPO MH -. Cemento de moderado calor por hidratación.
- TIPO LH -. De bajo calor de hidratación.

Para este trabajo de investigación con el material antes mencionado del Sector Punta Carnero se utiliza el tipo de cemento MH (base vial).

2.6.4. Cemento tipo MH.

“Este tipo de cemento es de moderado calor de hidratación, fabricado especialmente para aumentar resistencias adecuadas que permitan mejorar y estabilizar suelos debido al material disponible in situ, además reduce los costos de

construcciones ayudando a conservar el ambiente, ya que mejora la calidad y durabilidad de caminos.”⁶



Figura 2. Cemento hidráulico tipo MH para estabilización de suelos.

Fuente: Holcim Ecuador S.A

2.6.5. Ventajas de cemento MH.

- “Máxima durabilidad en estructuras de pavimentos con una alta calidad de soporte ya que son resistentes a varios agentes atmosféricos a diferencia de otros materiales para pavimentos con mayor precio.
- Esta base estabilizadora reduce el riesgo de bombeo de finos en las vías.
- Disminuye espesores de las capas de la base en los pavimentos y reduce los precios de fabricación.
- Bajo impacto ambiental debido a que se utiliza en suelos existentes en el entorno siempre y cuando cumplan con las especificaciones técnicas.
- Tiene una buena reducción de costos por acarreo o transporte de la materia prima.
- La aplicación del estabilizante genera pocas molestias al tráfico por su reducido tiempo de ejecución.

⁶ Holcim Base Vial, Cemento hidráulico Tipo MH para estabilización de suelos, pág. 1

2.6.6. Desventajas de cemento MH.

- Agrietamiento por contracción reflejado en las capas de rodamiento superiores.
- Complicaciones para el mezclado, sobre todo en suelos plásticos.
- Limitación en el tiempo de fraguado del cemento para el mezclado, conformación y compactación de los tramos de construcción.”⁷

2.6.7. Aplicaciones del cemento MH.

El cemento de base vial MH se aplica en los siguientes lugares:

- Caminos vecinales y vías de segundo orden.
- Para construcciones de pavimentos.
- En las bases para pavimentos de calles y carreteras.
- El cemento se aplica para estabilizar terraplenes de taludes y canales con reservorios de agua.
- Es aplicable en parqueaderos provisionales de vehículos.

“Uno de los requisitos para aplicar el cemento de base vial dice que las granulometrías para las alternativas antes mencionadas deben regirse a las Norma ACI 230.1R-09 sección 4.1.”⁸

2.7. Terrasil.

“Es un aditivo de nueva generación que se encuentra formado con un porcentaje de cien organosilanos capaces de repeler al agua deshacer el hinchamiento y elimina la absorción de los suelos, el aditivo es un impermeabilizante que aporta con grandes ventajas de otras impermeabilizaciones de suelos.”⁹

⁷ Holcim Base Vial, Cemento hidráulico Tipo MH para estabilización de suelos, pág. 6.

⁸ Holcim Base Vial, Cemento hidráulico Tipo MH para estabilización de suelos, pág. 7.

⁹ Optimasoil, manotecnologico



Figura 3. Impermeabilizante TERRASIL

Fuente: CICSA productos

2.7.1. Características del Terrasil.

“El aditivo como se ha dicho, es un modificador de propiedades de los suelos, por su alto porcentaje de organosilanos que son solubles al agua y estabiliza el calor de las radiaciones ultravioletas, una de las principales características es que impermeabiliza los suelos y subsuelo, ya que posee silanol y reaccionan en base a los silicatos del mismo suelo evitando un gran problema que es derivación del mismo.”¹⁰

“El terrasil incrementa la resistencia de la capa de suelo tratada, obteniendo un material resiliente, impermeable y libre de polvo. Este aditivo por lo general es aplicado en bases para carreteras, carpetas de asfalto o carpeta de hormigón, caminos sin pavimentar rurales, minerías o vecinales.”¹¹

2.7.2. Ventajas de usar Terrasil

Una de las ventajas de usar el terrasil son las siguientes:

- El suelo tratado consigue características de forma permanente.
- El suelo expulsa el agua en forma de vapor.
- Disminuye el índice plástico del suelo.
- Disminuye el hinchamiento.

¹⁰ Optimasoil, productos manotecnológicos.

¹¹ CICSA productos.

- Aumenta la calidad del módulo resiliente.
- Aumenta la densidad y compactación en obra.

2.8. Zycobond.

“El Zycobond aditivo con co-polimeros acrílicos y son nanotecnológicos, con una fórmula capaz de mejorar los resultados de impermeabilización y reacciona de manera elevada a los impermeabilizantes tradicionales.”¹²



Figura 4. Impermeabilizante ZYCOBOND

Fuente: CICSA productos

Además, ofrece un excelente control al polvo con una mayor resistencia a las erosiones de las carreteras no pavimentadas debido al contenido de cloruro de calcio y magnesio esa hace que las mezclas posean riesgos frecuentes al contacto del agua.

2.8.1. Características de Zycobond.

El aditivo, como se ha definido, es un impermeabilizante de suelos solubles al agua y estables al calor, una de las características principales es conglomerar el suelo. Éste aditivo que reacciona en el suelo hace que sea más resistente y aumente el tamaño de sus propiedades mecánicas, recalcando que es una alternativa óptima a la solución tradicional de nivelado y compactado.

¹² Optimasoil, productos nanotecnológicos.



Figura 5. Vía impermeabilizada con zycobond.

Fuente: ZYDEX, BREM Cía. Ltda.

2.8.2. Ventajas de usar Zycobond.

Las principales ventajas al uso de Zycobond son las siguientes:

- El suelo tratado adquiere propiedades mejoradas que al ser estabilizadas permite la cohesión de partículas que aumentan la capacidad de dureza y resistencia.
- El suelo obtiene calores mecánicos de desempeño.
- El Zycobond realiza un efecto conglomerante entre las sustancias o partículas del suelo aumentando la dureza, reduce vacíos y brinda durabilidad del material.



Figura 6. Riego de zycobond en una vía.

Fuente: ZYDEX, BREM Cía. Ltda.

CAPÍTULO III

ENSAYOS DE LABORATORIO Y ELABORACIÓN DE MEZCLAS SUELO-ESTABILIZANTE

3.1. Características mecánicas de la cantera “La Negrita”

Para determinar las condiciones iniciales del material de la cantera de “La Negrita” se realizaron los siguientes ensayos de laboratorio de suelos.

3.1.1. Contenido de humedad

“Metodología: Norma ASTM D2216: Metodología de prueba para determinar el contenido de agua (humedad) de suelos y rocas.

Especificaciones: el contenido de agua de un suelo se define como la relación entre el peso del agua del suelo dividido para el peso del suelo seco (el peso del agua se va a determinar por diferencia entre el peso del suelo antes y después de secarlo durante el tiempo necesario, 24 horas para que se evapore el agua).”¹³



Figura 7. Muestras para obtener el contenido de humedad.

Fuente: Lissette Clemente – Jairo Ramírez.

¹³ (Sánchez Albán, 2019)

Resultados:

Tabla 2.

Contenido de agua.

Muestra	Contenido de humedad %
1	22.73
2	23.88

Fuente: Lissette Clemente – Jairo Ramírez

3.1.2. Límites de Atterberg

Metodología: Norma ASTM D4318: Metodología de prueba para la determinación de los límites líquido y plástico; y del índice de plasticidad de los suelos, ASTM D427: Metodología de prueba para la determinación del factor de encogimiento de los suelos por el método del mercurio.

Especificaciones: el científico Albert Atterberg desarrolló un método para evaluar el efecto de la variación de la humedad en los suelos de grano fino, Atterberg definió entonces tres límites, que se evalúan con una fracción de suelo que pasa el tamiz N° 40 (0.1 mm).

Límite de Contracción o retracción LC: este parámetro separa el estado sólido seco y el semisólido, se lo puede definir como la humedad que contiene el suelo amasado cuando alcanza su volumen mínimo teórico al secarse viniendo del estado de saturación. El Índice de Contracción I_c es el intervalo del contenido de agua entre el estado plástico y el límite de contracción ($I_c=LP-LC$). Durante el proceso de retracción los poros se hacen más pequeños y la tensión capilar potencial máxima aumenta. Mientras más pequeño es el límite de contracción el suelo es más susceptible a un cambio de volumen.

Límite Líquido LL: este límite separa el estado plástico del semilíquido, se define cuando se amasa el suelo seco previamente disgregado con una determinada cantidad de agua y se lo extiende sobre un molde que se denomina Cuchara de Casagrande; con la ayuda de un ranurador se hace un pequeño canal de unos 2mm de

ancho en su parte baja. El LL es la humedad de la muestra cuando con 25 golpes de la cuchara de Casagrande se logra cerrar este surco.

Límite Plástico LP: separa el estado semisólido del plástico. Se logra determinar amasando el suelo seco con poca agua y formando rollitos con la palma de mano sobre una superficie lisa hasta llegar a un diámetro de 3mm y una longitud de 25 a 30 mm, el momento en que se empiezan a formar fisuras en fracciones de alrededor de 6mm, su humedad es la correspondiente al límite plástico.

Una vez que se han encontrado el límite líquido y el límite plástico se puede definir el Índice de plasticidad IP ($IP=LL-LP$), este representa el intervalo de humedades para pasar del estado semisólido al semilíquido. Tras la realización de varios estudios, Casagrande definió que aquellos suelos con un $LL > 50$ son de “alta plasticidad” es decir que pueden experimentar deformaciones plásticas grandes y admiten mucha agua. Valores inferiores de $LL < 50$ consideran a los suelos de “baja plasticidad”.¹⁴



Figura 8. Amasado de muestras para límites de Atterberg.

Fuente: Lissette Clemente – Jairo Ramírez

¹⁴ TESIS-PUCE-Sánchez Albán María.pdf, pág. 70.

Resultados:

Tabla 3.
Límites de atterberg.

Muestra	Límite Líquido	Límite Plástico	Índice de Plasticidad
1	54.86	47.54	7.32
2	55.78	47.96	7.82

Fuente: Lissette Clemente – Jairo Ramírez

3.1.3. Granulometría

Metodología: Norma ASTM D421-85 Práctica estándar para la preparación en seco de muestras de suelo para el análisis del tamaño de partículas y la determinación de constantes de suelo, ASTM D422-63: Método de prueba estándar para análisis de tamaño de partículas de suelos.

Especificaciones: la determinación de la granulometría establece el conocimiento de la distribución de los tamaños de las partículas; para analizar la variedad de partículas del suelo, se emplean dos métodos. Para separar los granos gruesos se emplean tamices que van desde 10.16 cm (4”) hasta 0.074 mm (Tamiz N° 200); las partículas más finas que 0.1 mm se pueden medir por sedimentación. El método de sedimentación se basa en la ley de Stokes, mientras más pequeña es la partícula mayor será el tiempo que se demora en asentarse cuando se deposita en el agua. Si las partículas tienen tamaños menores a 0.0005 mm no es efectivo el método pues se encontrarán en una suspensión constante debido a la agitación molecular.

Las gravas corresponden a la sección de partículas más gruesas incluye todos los granos de tamaños mayores que el tamiz N°4 (4.76 mm), las arenas corresponden a aquellas partículas menores que el tamiz N°4 y mayores que el tamiz N° 200 (0.074 mm). La última sección corresponde a los suelos de grano fino, limos que son aquellos

con tamaños de partículas mayores a 0.002 mm y arcillas cuyas partículas se consideran en tamaños menores que 0.002 mm.¹⁵



Figura 9. Ensayo de Granulometría.

Fuente: Lissette Clemente – Jairo Ramírez

Resultados:

Tabla 4.
Granulometría.

Muestra	Grava (3" -N°4)	Arena (N°4-N°200)	Finos (Pasa 200%)
1	66.5	25.9	7.6
2	67.4	24.8	7.8

Fuente: Lissette Clemente – Jairo Ramírez

3.1.4. Compactación Proctor Modificado

Metodología: Norma ASTM D1557-12e1: Métodos de prueba estándar para características de compactación en el laboratorio de suelos usando esfuerzo modificado (56.000 ft-lbf / ft 3 (2700 kN-m / m 3)).

Especificaciones: su importancia radica en el aumento de resistencia y disminución de la capacidad de deformación de los suelos compactados en un molde el mismo que ayudará a obtener la densidad seca máxima del suelo y la humedad óptima para ser compactado, para luego en campo verificar el grado de compactación con la relación entre la densidad seca de sitio y la densidad seca máxima del proctor.

¹⁵ TESIS-PUCE-Sánchez Albán María.pdf, pág. 67.



Figura 10. Ensayo Proctor Modificado.

Fuente: Lissette Clemente – Jairo Ramírez

Resultados:

Tabla 5.

Proctor Modificado.

Muestra	Densidad Seca Máxima (kg/m³)	% Humedad Optima
1	1395	27.3
2	1410	27.0

Fuente: Lissette Clemente – Jairo Ramírez

3.1.5. C.B.R.

Metodología: Norma ASTM D1883-16: Método de prueba estándar para California Bearing Ratio (CBR) de suelos compactados en laboratorios.

Especificaciones: mediante este ensayo se evalúa la calidad del material de suelo en base en su resistencia a la penetración, medida a través de un ensayo de placa o escala, CBR significa relación de soporte california o valor relativo de soporte, comenzó aparecer entre los estándares norteamericanos ASTM (American Standards for testing and materials) desde 1964, en su versión para laboratorio, hoy en día es uno de los ensayos más extendidos y aceptados en el mundo debido al relativo bajo costo de ejecución comparado con los ensayos triaxiales cíclicos.

Resultados:

Tabla 6.

C.B.R.

Muestra	Densidad Seca Máxima (kg/m ³)	% Humedad Optima	CBR 100%
1	1395	27.3	100
2	1410	27.0	104

Fuente: Lissette Clemente – Jairo Ramírez

3.1.6. Permeabilidad

Metodología: Norma ASTM D2434:
Procedimiento de prueba común para la permeabilidad de los suelos granulares.

Especificaciones: este método de ensayo cubre la determinación del coeficiente de permeabilidad mediante un método de carga constante para flujo laminar de agua a través de suelos granulares. El procedimiento es para establecer los valores representativos del coeficiente de permeabilidad en suelos granulares que pueden encontrarse en depósitos naturales, así como en los terraplenes, o cuando se utilizan como capas de base en pavimentos.



Figura 11. Ensayo de Permeabilidad.

Fuente: Lissette Clemente – Jairo Ramírez

Resultados:

Tabla 7.

Permeabilidad

Muestra	Permeabilidad (cm/seg)	Drenaje	Tipo de suelo
1	2,92E-3	Bueno	Arenas limpias y mezclas limpias de arena y grava
2	2,93E-3	Bueno	Arenas limpias y mezclas limpias de arena y grava

Fuente: Lissette Clemente – Jairo Ramírez

3.1.7. Gravedad Especifica

Metodología: Norma ASTM D854-14: Métodos de prueba estándar para la gravedad específica de sólidos del suelo por agua picnómetro.

Especificaciones: este es el valor medio de los correspondientes a las diversas partículas sólidas del suelo, es determinado en el laboratorio midiendo el volumen que ocupa una muestra de partículas seca y disgregada y de peso conocido por el desplazamiento de un volumen de líquido en un recipiente llamado picnómetro que ha sido previamente calibrado.



Figura 12. Ensayo de Gravedad Especifica.

Fuente: Lissette Clemente – Jairo Ramírez

Resultados:

Tabla 8.
Gravedad Especifica.

Muestra	Factor K	Gs (gr/cm ³)
1	0,9965	1,52
2	0,9968	1.48

Fuente: Lissette Clemente – Jairo Ramírez

3.1.8. Expansión

Metodología: Norma I.N.V.E.-173-07: Método para medir el potencial de asentamiento o expansión unidimensional de suelos cohesivos

Expansión libre:

Este ensayo consiste en colocar en una probeta normalmente cilíndrica un volumen conocido de suelo “seco” y sumergirlo en agua sin aplicación de sobrecarga alguna, mientras se mide la expansión. La diferencia entre el volumen final e inicial, expresado como un porcentaje del volumen inicial es la expansión libre.

Al colocar la muestra en agua durante 1 o 2 horas e ir controlando la deformación. El dial se deberá colocar con unas vueltas siquiera para empezar el ensayo, puesto que ahora las agujas del dial guiarán en sentido contrario. La diferencia de lectura dividida para la altura inicial, ($3/4 = 0,75$) y multiplicada por 100, dará el porcentaje de deformación.

La muestra es confinada en un anillo que permita solo deformaciones verticales y no horizontales, como el que se usa para los ensayos de consolidación, esta será colocada en un recipiente con agua durante 1 o 2 horas. El dial va a girar en sentido contrario por lo que deberá empezar con diez vueltas por adelantado.

Expansión Controlada:

En este ensayo se aplican cargas en el consolidómetro de modo de controlar que la aguja del mismo se mantenga en cero, hasta que finalmente deja de moverse. Aplicando cargas de modo que el dial permanezca en cero durante media hora o más, hasta que éste no se mueva. Al terminar el ensayo se anota la carga final, se determina el esfuerzo de expansión según el brazo de palanca del consolidómetro, previamente se han determinado las humedades inicial y final con lo que se aprecia el porcentaje de agua absorbida por la muestra.

Esa carga final determinara el esfuerzo de expansión según el brazo de palanca del consolidómetro. Arcillas normales no expansivas presentan una expansión del 1 al 2%, en caso de tener más de 3% no sirven para carreteras.



Figura 13. Ensayo de Expansión.

Fuente: Lissette Clemente – Jairo Ramírez

Resultados:

Tabla 9.
Expansión.

Método	% De expansión
Controlada	0.045
Libre	0.050

Fuente: Lissette Clemente – Jairo Ramírez

3.1.9. Abrasión de los Ángeles

Metodología: Norma ASTM C131: Determinación de la resistencia al desgaste por abrasión mediante máquina de los Ángeles.

Especificaciones: este ensayo consiste en someter una muestra de agregado a la abrasión, impacto y molienda dentro de un tambor rotatorio que contiene esferas de acero, creando un efecto de impacto y trituración. Luego de un número especificado de revoluciones, se retira la muestra del tambor y se tamiza por la malla No. 12 para medir la degradación o desgaste como un porcentaje de pérdida. El resultado obtenido se muestra en el cuadro.



Figura 14. Ensayo de Abrasión de los Ángeles.

Fuente: Lissette Clemente – Jairo Ramírez.

Resultados:

Tabla 10.
C.B.R.

Muestra	% de desgaste
1	41.20
2	43.27

Fuente: Lissette Clemente – Jairo Ramírez

3.1.10. Sulfatos

Metodología: Norma ASTM C88: Determinación de la resistencia al desgaste mediante el uso de sulfato de sodio o sulfato de magnesio.

Especificaciones: este ensayo consiste en sumergir una muestra de agregado, a la acción de 5 ciclos de inmersión y secado en una solución de sulfato de sodio o sulfato de magnesio, con ello se determina cuáles son los efectos de esta acción sobre el agregado. Usualmente los efectos que se pueden presentar en los agregados se clasifican como: desintegración, división, desmoronamiento, agrietamiento, exfoliación, entre otros.

En el ensayo se utilizó sulfato de magnesio en forma heptahidratada para la inmersión del agregado, el lavado de la muestra se realizó con agua a $43\pm 6^{\circ}\text{C}$. y se verificó que la muestra se encontraba libre de sales aplicando una solución de cloruro de bario al 5%.

Resultados:

Tabla 11.

Durabilidad de los agregados a la acción del sulfato de magnesio.

Muestra	% de desgaste
1	88.22

Fuente: Lissette Clemente – Jairo Ramírez



Figura 15. Ensayo de sulfatos.

Fuente: Lissette Clemente – Jairo Ramírez

3.1.11. Compresión simple.

Metodología: Norma ASTM D2166-06 Método de prueba estándar para resistencia a compresión simple de suelos cohesivos.

Especificaciones: este ensayo permitirá obtener un valor de capacidad de la última carga del suelo, y se relaciona con la resistencia al corte del mismo suelo, éste mostrará un valor de referencia que puede utilizarse en proyectos, ya que entrega un resultado conservador, que puede definirse como un caso particular, del ensayo triaxial, el ensayo de compresión simple, se realiza con el fin de determinar la resistencia el último esfuerzo de un suelo cohesivo, a la compresión no confinada, mediante la aplicación de una carga axial con control de deformación, utilizando una muestra de suelo inalterada tallada en forma de cilindro, generalmente con una relación altura/diámetro igual a 2.



Figura 16. Ensayo de compresión simple.

Fuente: Lissette Clemente – Jairo Ramírez

Resultados:

Tabla 12.

Compresión Simple.

Muestra	Densidad húmeda (kg/m ³)	Densidad seca (kg/m ³)	q _u (kg/cm ²)	ε (%)
1	1776	1623	45.30	0.98

Fuente: Lissette Clemente – Jairo Ramírez

3.1.12. Ensayo Humboldt Geogauge

Instrumento electromecánico para la determinación rápida In Situ de la rigidez estructural (3 a 70 MN/m) y el Módulo de Young del suelo (26 a 610 Mpa) hasta una profundidad de medición de 310 mm. El equipo está homologado por la norma ASTM D-6758. Mediante este ensayo se evalúa el módulo resiliente del material.

El GeoGauge, a diferencia de los medidores de densidad, puede medir las cargas características de materiales compactados. Esto permite estimaciones reales del rendimiento de la carretera y proporciona la base para reducir los márgenes de construcción (espesores de pavimento), reducir los costos de construcción en al menos un 20%, los costos de compactación en un 30% y mantenimiento de carreteras en al menos un 50%.

En el estudio de suelos, el GeoGauge se puede usar para estimar el CBR y Módulo Resiliente o para estimar los resultados de las pruebas de carga del terreno con mayor velocidad, simplicidad y a un costo mucho más bajo. También se puede usar para el Control de calidad de la compactación (QC) de subrasante, sub-base, base y pavimentos basados en el módulo elástico o la rigidez.¹⁶



Figura 17. Humboldt GeoGauge.

Fuente: Humboldt

¹⁶ Humboldt.

3.2. Dosificaciones

Para realizar los diferentes diseños, se consideró las propiedades geomecánicas de los materiales encontrados en el material de la cantera, así como también su proximidad obteniendo una sola mezcla de material por estabilizar con las diferentes dosificaciones propuestas, estabilizándolas con los siguientes materiales, las mezclas para la estabilización del suelo serán:

- Alternativa 1: Material de la cantera con Cemento tipo MH
- Alternativa 2: Material de la cantera con Terrasil
- Alternativa 3: Material de la cantera con Terrasil + Cemento
- Alternativa 4: Material de la cantera con Terrasil + ZycoBond + Cemento

3.2.1. Material existente mezclado con cemento.

Los suelos estabilizados con cemento incrementan su densidad con una adecuada compactación y contenido de agua de la mezcla (humedad Óptima W_{opt}); incrementando la capacidad de soporte y la resistencia a los agentes atmosféricos.

Las bases estabilizadas reducen el riesgo de bombeo de finos en las vías y disminuye los espesores de las capas de base en los pavimentos, reduciendo el costo de la construcción.

En la presente consultoría, se realizaron los ensayos con cemento de base vial porque los cementantes convencionales (Portland) tiene ciertas limitaciones tales como:

- Agrietamiento por contracción reflejado en las capas de rodamiento superiores.
- Complicaciones para el mezclado, sobre todo en suelos plásticos
- Limitación en el tiempo del fraguado del cemento para el mezclado, conformación y compactación de los tramos de construcción.

Los contenidos de cementos típicos recomendables por los proveedores son del orden del 7% para suelos granulares con finos y mayores a 10% para suelos arcillosos. También sugieren que se realicen el diseño considerando los porcentajes estipulados en el reporte del comité del ACI.

Tabla 13.

Requerimientos típicos de cemento, según los tipos de suelos.

Clasificación		Rangos típicos de Cemento para Test:		
AASHTO	ASTM	Requerido	Humedad -densidad	Durabilidad
A-1-a	GW, GP, GM, SW, SP, SM	3-5	5	3-5-7
A-1-b	GM, GP, SM, SP	5-8	6	4-6-8
A-2	GM, GC, SM, SC	5-9	7	5-7-9
A-3	SP	7-11	9	7-9-11
A-4	CL, ML	7-12	10	8-10-12
A-5	ML, MH, CH	8-13	10	8-10-12
A-6	CL, CH	9-15	12	10-12-14
A-7	MH, CH	10-16	13	11-13-15

Fuente: Holcim Base Vial. Reporte del Comité del ACI.

La tabla del ACI muestra los rangos típicos del peso de cemento por %. Contenido de cemento para test humedad – densidad (ASTM D506) % por peso. Contenido típico de cemento para test de durabilidad (ASTM D559 y D506) % por peso. Con la tabla 12, se procede a realizar la clasificación del suelo en base a los dos sistemas: AASHTO y ASTM que se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 14.

Clasificación del material de la cantera “La Negrita”.

Muestra	ASTM	ASSTHO
1	GW - GP	A-2-7
2	GW - GM	A-2-7

Fuente: Lissette Clemente – Jairo Ramírez

En el diseño de suelo cemento para la primera alternativa se lo analizó con los parámetros mecánicos obtenidos de los ensayos realizados del material de la cantera “La Negrita”, utilizando los porcentajes sugeridos por el ACI, es decir 5%, 7% y 9%. Los ensayos realizados con estas dosificaciones de cemento se encuentran en los anexos K.

3.2.2. Material de la cantera “La Negrita” mezclado con terrasil

El suelo estabilizado, se convierte en hidrófobo (repele el agua, eliminando los problemas que se derivan de la presencia de la misma), mantiene la transpiración (el suelo tratado con terrasil tiene la propiedad de expulsar el agua retenida en su interior en forma de vapor).

Terrasil, por sus características químicas es soluble en agua, estable ante grandes gradientes de temperatura y las radiaciones UV. La impermeabilización se logra debido a que terrasil actúa sobre las partículas de suelo reaccionando con los silicatos presentes en la superficie de ellas.

Como producto de esa reacción, los grupos silanol presentes en TERRASIL, forman enlaces Si-O-Si (siloxano) con las moléculas de la superficie constituyendo una nueva superficie de propiedades hidrófoba en forma permanente. Al cambiar la polaridad de la superficie de las partículas de suelo, estas presentan una superficie apolar y por lo tanto se mejora la adhesión con compuestos de la misma naturaleza (polímeros, asfaltos, conglomerantes, etc.) ya que posee una mayor cantidad de enlaces de gran fortaleza para unirse. La nueva superficie genera lubricidad entre las partículas de suelo, bajando la repulsión de cargas propias y mejorando las compactaciones de los suelos.

El diseño de material de la cantera “La Negrita” + Terrasil para la segunda alternativa se lo analizó con los parámetros mecánicos de la muestra de suelo, adicionándole el 1.5 Kg/m³, proporción sugerida por el proveedor de terrasil los ensayos realizados con estas dosificaciones se encuentran en los anexos K.

3.2.3. Material de la cantera “La Negrita” mezclado con cemento + terrasil

El tratamiento con cemento + terrasil es una opción económica, aunque el coste de aplicación aumenta por el doble tratamiento, El enlace siloxano Si-O-Si es el más duradero y no está afectado por UV. El cemento no sufre las reacciones químicas en ausencia de agua además que la fricción entre partículas es muy elevada, debido a la mayor compactación y la imposibilidad de captar humedad por condensación del terrasil.

El diseño de suelo + Cemento + Terrasil para la tercera alternativa se lo analizó con los parámetros mecánicos obtenidos en la mezcla utilizando los porcentajes de 2% para cemento y 0.75 Kg/m³ de terrasil sugeridos por el proveedor, los ensayos realizados con estas dosificaciones se encuentran en los anexos K.

3.2.4. Material de la cantera “La Negrita” mezclado con cemento + terrasil + zycobond

Zycobond, es un aditivo co-polimérico acrílico y nanotecnológico de última generación. Su uso es recomendado en estabilización de suelos, para riegos tópicos de sellado de la capa superficial como rodadura y tratamiento anti polvo. Tiene una fórmula capaz de mejorar los resultados frente a un co-polímero a escala normal. Al tener una capacidad de reacción más elevada y conseguir un número mayor de enlaces, aportará ventajas adicionales a la ejecución tradicional, es soluble en agua, estable al calor y a la radiación ultravioleta. Su principal acción, por tanto, consiste en conglomerar los suelos.

El diseño de suelo + Cemento + Terrasil + Zycobond para la cuarta alternativa se lo analizó con los parámetros mecánicos obtenidos de los ensayos realizados de la muestra del material de la cantera “La Negrita”, utilizando los porcentajes de 2 % de cemento, 0.3 Kg/m³ de terrasil y 0,75 Kg/m³ de zycobond sugeridos como el mejor por el proveedor, los ensayos realizados con estas dosificaciones se encuentran en los anexos K.

3.3. Elaboración de probetas

3.3.1. Calculo de la masa de los materiales

Se calcula la masa de cada uno de los materiales mediante una hoja informática de excel (ver anexo), para cada porcentaje de mezcla diseñada de suelo más el estabilizante, donde se calcula la masa con precisión para la cantidad de suelo natural, cemento, agua, terrasil y zycobond.

La cantidad de suelo será definida mediante el volumen del molde cilíndrico a utilizar, por la densidad seca máxima obtenido del proctor, determinando así un peso del suelo natural para la fabricación de las probetas cilíndricas.

La cantidad de cemento será definida a través de los porcentajes utilizados en cada mezcla a realizar, multiplicando ese porcentaje con la masa total de suelo natural a utilizar en dicha mezcla, obteniendo el peso del cemento vial tipo MH.

La cantidad de agua será definida como la necesaria para llegar a la humedad óptima dada del ensayo del proctor modificado. Sin embargo, en obra se deberá agregar el agua necesaria hasta conseguir 2% sobre la humedad óptima y nunca la humedad deberá estar en la rama seca del proctor; esto facilitará obtener la densidad máxima de compactación, la hidratación del cemento y la resistencia requerida.

La cantidad de terrasil y zycobond se determina con el porcentaje definido en cada mezcla con cada uno de estos estabilizantes, teniendo una relación entre el peso total del suelo natural a utilizar y la densidad seca máxima del proctor del mismo suelo natural, multiplicado con el porcentaje de estabilizante de cada diseño.

3.3.2. Mezcla

La combinación de suelo + estabilizante, mezcladas manualmente, debe proporcionar mezclas homogéneas, cada una con un 15% en exceso de la necesaria

para el moldeo de las probetas. Se debe proteger éste material contra pérdida de humedad y se lo debe realizar sobre una superficie no absorbente (lonas de plástico).

Mezcla a mano – Se mezclan los materiales en un recipiente metálico limpio y no absorbente o sobre una superficie de la misma manera no absorbente, mezcladas con una espátula o pala cuadrada, dependiendo del recipiente o lugar a mezclar, de la siguiente manera:

- Se coloca el suelo natural sobre el recipiente o lona de plástico, esparcido sobre toda el área posible del recipiente o lugar a mezclar.
- Se agrega el cemento vial sobre el suelo natural y se procede a mezclar los dos materiales hasta que tenga una distribución total en la mezcla.
- Se adiciona el agua potable en cantidades considerables con la finalidad de homogenizar bien toda la mezcla en su totalidad.
- Para los estabilizantes de terrasil y zycobond se los adiciona en el agua, mezclando estos dos materiales hasta disolverse y formar un solo líquido, para luego aplicar el paso anterior y homogenizar toda la mezcla.



Figura 18. Mezcla manual de materiales para elaboración de probetas.

Fuente: Lissette Clemente – Jairo Ramírez

3.3.3. Moldeo en probetas

Las probetas para el ensayo a la compresión simple deben ser cilíndrica, con un diámetro de 1 a 2 con respecto a su altura. Probetas de 150 mm de diámetro por 300

mm de altura, pero el mismo procedimiento puede ser usado para moldear probetas mayores o menores diámetros y alturas.

Se le coloca una capa delgada de aceite comercial en las paredes interiores del molde para la facilidad de desprendimiento del espécimen con el molde al momento de desencofrarlo. Se colocan los moldes en posición vertical y en un lugar accesible para su llenado, teniendo un acceso libre y donde no se los pueda mover durante el tiempo de fraguado.

Se procede a llenar uniformemente la mezcla dentro del molde cilíndrico, ayudado con una espátula o cuchara en cada uno de los moldes, luego se reacomoda la mezcla con una varilla metálica de punta redondeada, acomodando la mezcla en varios puntos sobre la superficie circular del cilindro. Esta operación se lo realiza en cada capa para no dejar vacíos en la mezcla de suelo + estabilizante.



Figura 19. Mezcla manual de materiales para elaboración de probetas.

Fuente: Lissette Clemente – Jairo Ramírez

Para la compactación de los cilindros se utilizó un martillo vibrador de masa (sin placa de protección ni eje) igual a $10 \pm 1,5$ kg. Con una potencia mínima de 900 Watts proporcionando entre 2000 ± 200 impactos por minuto. Se compacta la mezcla introduciendo el pistón con la placa de apisonar dentro de la mezcla en forma recta y firme, aplicando las cargas periódicas durante un tiempo de 20 a 25 segundos.

Este proceso se debe repetir en cuatro capas para cada cilindro, hasta que la mezcla se halle compactada en su totalidad hasta una altura de 300 mm aproximadamente. Finalmente debe ser enrasado en su parte superior, dejándola con una superficie uniforme, liso y nivelado con el borde superior del molde.

3.4. Curado de probetas de suelo cemento.

Una vez que las probetas han sido desencofradas, estas deben ser debidamente codificadas para ser fácilmente identificadas, una vez hecho esto, el curado de las probetas se lo hace mediante el guardado en fundas plásticas o envueltas con plástico de embalaje en su totalidad, sin dejar que por ningún lado se escape la humedad de la probeta. Se debe colocar todas las probetas ya debidamente embaladas en un lugar fresco de temperaturas no mayores de 27°C. para su posterior uso en el ensayo de resistencia a la compresión simple, donde las muestras deben estar en condiciones húmedas iguales a su desencofrado.



Figura 20. Curado de probetas de suelo – cemento.

Fuente: Lisette Clemente – Jairo Ramírez

3.5. Refrentado

Antes del ensayo a compresión, se deben refrentar los extremos (superior e inferior) de las probetas cilíndricas. El refrentado se puede hacer con elementos comunes como por ejemplo el mortero de cemento.

Tabla 15.

Dosificación del mortero de cemento para 3 cilindros de suelo cemento.

Dosificación	Cemento (gr)	Arena (gr)	Agua (ml)
1-2	450	850	250

Fuente: Lissette Clemente – Jairo Ramírez

“La capa del refrentado debe ser lo más delgada posible, y se debe aplicar con suficiente anterioridad para que endurezca y no se fracture cuando la probeta se someta a compresión (tiempo sugerido: 3 horas a 23° C). Durante este lapso de endurecimiento, se debe mantener constante la humedad de las probetas.”¹⁷



Figura 21. Refrentado a probetas (caping).

Fuente: Lissette Clemente – Jairo Ramírez

¹⁷ Preparación y curado de probetas de suelo cemento para pruebas de compresión y flexión en el laboratorio, pág. E 808 - 11

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE RESULTADOS Y ANÁLISIS ECONÓMICO

4.1. Estudio de suelos

Antes de analizar y emitir criterios de los resultados de resistencia y del análisis económico, es necesario interpretar los resultados mecánicos de laboratorio, verificando si cumplen las especificaciones técnicas y las normativas. En los resultados de los ensayos realizados se puede evidenciar problemas en la plasticidad, así como en el ensayo de durabilidad frente a agentes químicos como lo es el sulfato de magnesio.

Tabla 16.
Resultados promedios del ensayo de durabilidad.

Ensayo de durabilidad (Sulfato)			
Descripción	% Prom. desgaste	Norma Sub-base	Cumplimiento
Material de cantera	88.22%	< 18%	No Cumple

Fuente: Lissette Clemente – Jairo Ramírez

Como se observa en la tabla, los resultados del ensayo de sulfato de magnesio, determinan que el material de préstamo de la cantera “La Negrita” no es apto como material de base, ya que el INEN 863 especifica que el material de base no tendrá una pérdida de peso por desgaste a los sulfatos mayor al 18%, en cinco ciclos de humedecimiento y secado, de acuerdo al ensayo de durabilidad.

El material de cantera “La Negrita” del sector Punta Carnero, de la parroquia José Luis Tamayo, cumple con la exigencia granulométrica para sub-base clase III, de acuerdo a lo estipulado en las especificaciones técnicas del Ministerio de Transporte de Obras Públicas. Así mismo cumple con la gradación de sub-base clase I, previo al cribado con el tamiz de 1½”, descartando las partículas retenidas en este tamiz. Es necesario recalcar que también cumple con la faja granulométrica estipulada para la norma de material de base clase I, siempre y cuando se retire las partículas retenidas en el tamiz de 2”.

Tabla 17.

Resultado promedio del ensayo granulométrico del material de préstamo.

Granulometría			
Tamiz	% Prom. Pasante	Norma Sub-base Clase III	Cumplimiento
3"	100	100	Cumple
N° 4	33.75	30 – 70	Cumple
N° 200	7.67	0 – 20	Cumple

Fuente: Lissette Clemente – Jairo Ramírez

Tabla 18.

Resultado promedio del ensayo granulométrico del material de préstamo.

Granulometría			
Tamiz	% Prom. Pasante	Norma Base Clase I	Cumplimiento
2"	98.75	100	No Cumple
1½"	92.32	70 – 100	Cumple
1"	79.38	55 – 85	Cumple
¾"	71.77	50 – 80	Cumple
⅜"	51.09	35 – 60	Cumple
N° 4	33.75	25 – 50	Cumple
N° 10	24.09	20 – 40	Cumple
N° 40	12.49	10 – 25	Cumple
N° 200	7.67	0 – 20	Cumple

Fuente: Lissette Clemente – Jairo Ramírez

Tabla 19.

Resultado promedio del ensayo granulométrico del material de préstamo.

Granulometría			
Tamiz	% Prom. Pasante	Norma Sub-base Clase I	Cumplimiento
1½"	92.32	100	No Cumple
N° 4	33.75	30 – 70	Cumple
N° 40	12.49	10 - 35	Cumple
N° 200	7.67	0 – 20	Cumple

Fuente: Lissette Clemente – Jairo Ramírez

Así mismo, las especificaciones técnicas del Ministerio de transporte y obras Públicas especifican que: “Los agregados que se empleen deberán 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 N° 40 deberá tener un índice de plasticidad menor que 6 y un límite líquido máximo de 25. La capacidad de soporte para sub-base corresponderá a un CBR igual o mayor del 30%”¹⁸

Tabla 20.

Resultado promedio del ensayo de abrasión.

Abrasión de los Ángeles			
Descripción	% de perdida	Norma Sub-base	Cumplimiento
Material de préstamo	43.27%	< 50%	Cumple

Fuente: Lissette Clemente – Jairo Ramírez

Tabla 21.

Resultados promedio límites de Atterberg.

Límites de Atterberg				
Descripción	LL	IP	Norma Sub-base	Cumplimiento
Material de préstamo	54.86	7.32	LL < 25 IP < 6	No Cumple

Fuente: Lissette Clemente – Jairo Ramírez

Como se ve en la tabla 21, el parámetro que no cumple con las especificaciones técnicas del MTOP, es el de plasticidad, puesto que la norma establece una plasticidad menor que 6% y Limite Líquido máximo de 25%, obteniendo como resultado del ensayo 7.32% de plasticidad y 54.86% del Limite Líquido.

Tabla 22.

Resultaos Promedio de Peso Específico.

Descripción	Peso Especifico (Kg/cm ²)
Material de préstamo	1400

Fuente: Lissette Clemente – Jairo Ramírez

¹⁸ MOP-001F-2002. Sección 403.1.02. Materiales, pág. IV-38

El peso específico del material es similar al que exige la norma del Ministerio de Transporte y Obras Públicas, pero para material de mejoramiento, es decir que este material es muy liviano para poderlo clasificar como material de base o sub-base.

Tabla 23.

Resultaos Promedio CBR.

Capacidad de soporte CBR			
Descripción	% Laboratorio	Norma	Cumplimiento
Material de préstamo	74.83	Sub-base > 30%	Cumple
		Base > 80%	No Cumple

Fuente: Lissette Clemente – Jairo Ramírez

Se obtiene el 75% de capacidad de soporte al 95% de la densidad seca máxima, cumpliendo con las normas del MTOP para sub-base, pero como se observa en la tabla este material no cumple con la normativa para base, puesto que la norma establece que debe ser mayor a un 80 %.

“La capacidad de soporte, el módulo resiliente y la abrasión junto con la granulometría corresponde a un material de sub-base, pero a la vez aproximado al de base; por tal motivo fue que este trabajo de titulación se escogió el mejoramiento de suelo con cemento para cumplir con las exigencias para material de base estabilizada con cemento y aumentar de esta manera la capacidad de soporte, Modulo Resiliente y bajar la plasticidad, para garantizar el tiempo de vida útil de la vía.

Tabla 24.

CBR y Modulo de Young promedio con GeoGauge.

CBR y Modulo de Young				
Descripción	% CBR Promedio	Módulo de Young (PSI)	CBR (30%) (PSI)	Cumplimiento
Material de préstamo natural	33,59	15073,41	15000	Cumple

Fuente: Tesis estudio de suelo, estabilización del material granular existente con cemento MH y diseño de pavimento flexible en las calles del sector la Milina, parroquia José Luis Tamayo, cantón salinas, provincia de Santa Elena.

Estos parámetros, son confirmados con el uso de la tecnología GeoGauge el cual arroja valores de Rigidez y módulo de Young correspondientes a un material de sub-base como lo muestra la tabla anterior.

Para un CBR del 30% el modulo elástico es de 15.000 PSI; el CBR promedio calculado con tecnología GeoGauge fue de 33,59% y un módulo elástico de 15.073,41 PSI, el cual cumple satisfactoriamente con las especificaciones técnicas de sub-base. Esto puede ser comprobado, en el nomograma de la AASHTO 93.”¹⁹

La tabla 24 corresponde al uso de la tecnología Geogauge en una vía, donde se utilizan el material de préstamo de la cantera “La Negrita” ubicada en el sector de Punta Carnero del cantón Salinas y relaciona los porcentajes de CBR con la magnitud del módulo en PSI.

4.1.1. La Microscopía Electrónica de Barrido.

“El Microscopio Electrónico de Barrido, SEM por sus siglas en inglés, fue concebido en la década de 1930, y las primeras micrografías fueron obtenidas en los años cincuenta. Pero no fue hasta 1965 cuando el primer SEM comercial, el Stereoscan, fue puesto en el mercado por la Universidad de Cambridge, en Inglaterra. Desde esa época hasta hoy, gracias a la continua investigación y desarrollo, la Óptica Electrónica permite observar cualquier tipo de espécimen con gran detalle y calidad de imagen, constituyéndose así el SEM en una herramienta de gran utilidad en el estudio de los materiales.

SEM es una herramienta muy importante en el análisis de especímenes metálicos a nivel micrométrico e inclusive nanométrico. Los diferentes tipos de señales

¹⁹Tesis estudio de suelo, estabilización del material granular existente con cemento MH y diseño de pavimento flexible en las calles del sector la Milina, parroquia José Luis Tamayo, cantón salinas, provincia de Santa Elena. (Carvajal De La Rosa & Pozo Tomala, 2019)

obtenidas por la interacción entre el haz de electrones y el metal, proporcionan un nivel de resolución y de detalles gráficos que no pueden ser observados con instrumentos convencionales. Estas herramientas permiten al ingeniero o al investigador conocer al detalle y con gran precisión la microestructura del metal, las características topográficas de la superficie y la composición química del material.

El Microscopio Electrónico de Barrido (Scanning Electron Microscope SEM) es un instrumento que emplea el bombardeo de un haz de electrones acelerados hasta una longitud de onda cien mil veces menor a la de la luz blanca (~500 nm), y condensados por lentes electromagnéticas. Así, debido a la generación de señales originadas del impacto de electrones con el espécimen, se obtiene una imagen.”²⁰

Para entender el comportamiento de este material que pese a tener un peso específico bajo (1400 kg/cm^2), presenta un alto porcentaje a la penetración de 75% fue necesario analizar el contenido mineralógico del suelo y se lo hizo con el ensayo SEM con el material de la cantera, tamizado por el pasante de #325. Este ensayo ha sido elaborado en el Laboratorio LEMAT de la Escuela Superior Politécnica del Litoral.

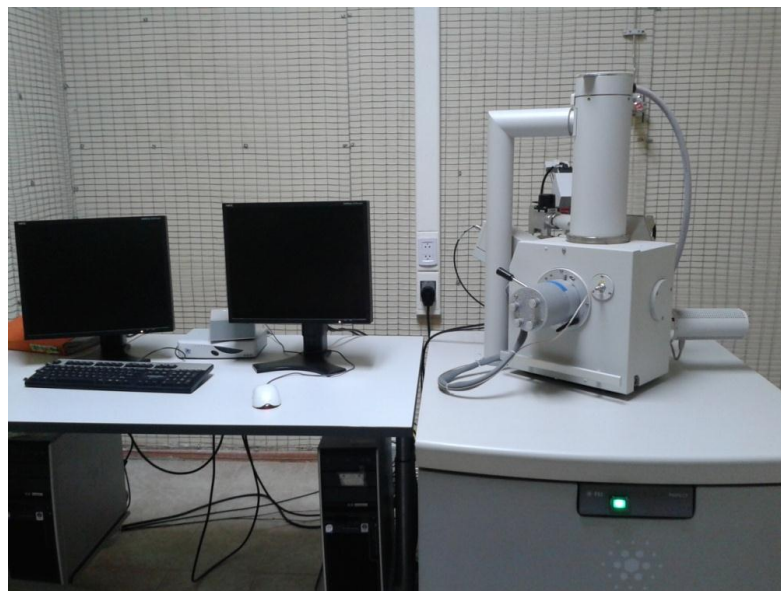


Figura 22. Microscopio Electrónico de Barrido.

Fuente: Lisette Clemente – Jairo Ramírez

²⁰ (DSPACE, 2019)

Resultados:

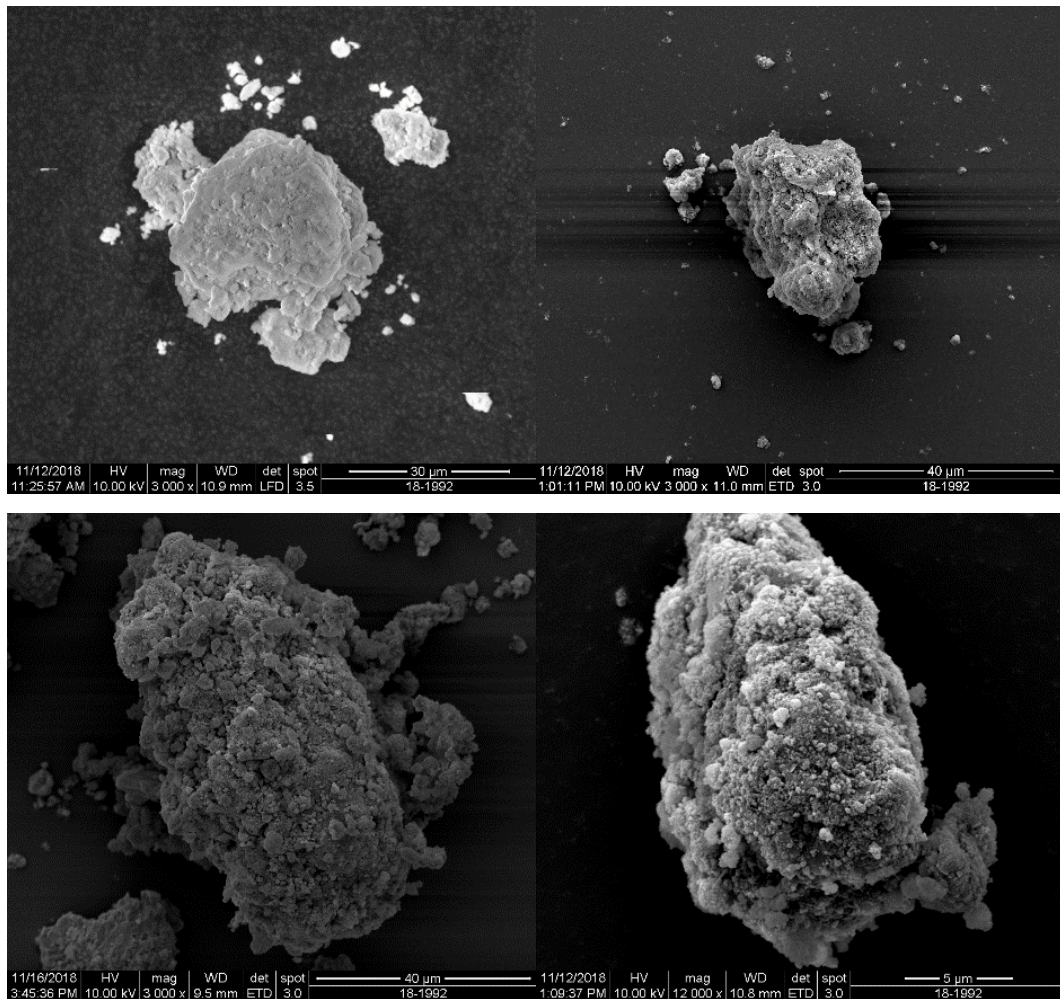


Figura 23. Imágenes del Microscopio Electrónico de Barrido, SEM.

Fuente: LEMAT – ESPOL

4.1.2. Ensayo análisis semicuantitativo SEM-EDS

SEM-EDS (Energy Dispersive Spectroscopy) espectroscopio de energía dispersa es una herramienta a partir del Microscopio Electrónico de Barrido permite coleccionar Rayos X generados por la muestra y realizar diversos análisis de composición química e imágenes de distribución de elementos presentes en la muestra.

Para este ensayo se realizaron tres placas con el material de la cantera “La Negrita”, analizándola en tres puntos diferentes en un área específica para obtener valores promedios para cada una de las placas.

Resultados:

Tabla 25.

Resultados del análisis semicuantitativo SEM-EDS

Elemento	% del elemento		
	Test 1	Test 2	Test 3
Carbono	46.16	47.11	20.19
Oxígeno	28.88	26.57	42.47
Hierro	0.65	0.40	0.53
Sodio	0.28	0.38	0.38
Magnesio	0.60	0.45	0.65
Aluminio	1.27	0.98	1.20
Sílice	21.85	23.57	34.04
Cloro	0.31	0.28	0.24
Potasio	-	0.25	0.30

Fuente: Lissette Clemente – Jairo Ramírez

4.1.3. Ensayo de difracción de rayos X

Este equipo cuya marca es: Panalytical y modelo: X'pert PRO, ayudó a analizar las fases del componente de la muestra, basándonos en la Ley de Bragg se determina cuantitativa y cualitativamente su estructura cristalina y composición química del material de la cantera, como se muestra en la figura.



Figura 24. Difractómetro de rayos X

Fuente: Lissette Clemente – Jairo Ramírez

Resultados:

Tabla 26.

Resultados de difracción por rayos X.

Nombre del Compuesto	Fórmula Química	SemiQuant (%)
Sílice	SiO ₂	28.6
Cristobalita	SiO ₂	27.1
Sepiolita	Mg ₄ Si ₆ O ₁₅ (OH) ₂ ·6H ₂ O	9.1
Albita	(Na,Ca)(Si,Al) ₄ O ₈	6.2
Amorfo	-	29.0

Fuente: Lissette Clemente – Jairo Ramírez

Sílice: “La sílice es un material muy duro que se encuentra en casi todas las rocas. La sílice es el componente principal de la arena, arenisca, cuarcita, granito, etc. La sílice ocurre naturalmente en tres formas, pero sólo la forma cristalina, o la llamada sílice cristalina, representa un peligro a la salud.”²¹

Cristobalita: “La cristobalita es un polimorfo de sílice que es termodinámicamente estable solo a temperaturas superiores a 1470 ° C, hasta el punto de fusión a 1705 ° C, a presiones atmosféricas. Comúnmente persiste o incluso se forma a temperaturas mucho más bajas en ambientes volcánicos y sedimentarios ricos en sílice. Puede formar cristales en cavidades, probablemente depositadas por vapor, o esferulitas en obsidiana u otros volcanes silíceos.”²²

Sepiolita: Puede considerarse que existe una serie isomorfa entre la sepiolita y la paligorskita, ocupando un lugar intermedio entre los minerales dioctaédricos y los trioctaédricos. Mineral de origen sedimentario, propios de cuencas endorreicas neógenas, formándose por precipitación directa o por alteración de serpentinitas. En ocasiones aparece como mineral de origen hidrotermal.²³

²¹ EcuRed, <https://www.ecured.cu/S%C3%ADlice>

²² Mindad.org

²³ <https://www2.uned.es/cristamine/fichas/sepiolita/sepiolita.htm>

Albita: Dentro del grupo de los silicatos, se encuentra la albita, un mineral que se denomina plagioclasas. Su composición puede variar relativamente, teniendo en ciertos casos potasio o calcio, aunque por lo general siempre se encuentran los dos juntos. Estos dos elementos únicamente van a formar el 10% de la materia en sí, ya que el resto va a ser compuesto por el sodio. Estos compuestos también se pueden clasificar como un aluminosilicato de sodio, debido a la enorme proporción (90% o más) de sodio.²⁴

4.2. Ensayos al suelo cemento endurecido.

4.2.1. Reacción Álcali-Sílice

La reacción Álcali-Sílice es una interacción química entre las sílices reactivas presente en el agregado y los álcalis presentes en el cemento, que son provenientes de óxidos de sodio y potasio.

El Cemento hidráulico usado debe cumplir con los requisitos de la norma ASTM C150, la expansión en autoclave Método de prueba C151 deberá ser inferior a 0,20%. Para esta prueba debe hacerse pasar a través de un tamiz de 850 mm (No. 20) para eliminar grumos antes de su uso. Para el ensayo se requieren por lo menos 3 especímenes para cada combinación de material cementicio-agregado. Los moldes deben ser cubiertos con un agente de liberación.

Para la dosificación del mortero se utiliza:

- 440 g. de material cementante (cemento hidráulico, cemento hidráulico+ puzolana, cemento hidráulico + escoria granulada)
- 2,25 partes de agregado con respecto a material cementante; 990 g de agregado por recombinación de las proporciones retenidas en los diferentes tamices. (OD= 2,45)
- Relación agua-cemento 0,47 en masa.

²⁴ Minerales y rocas, <https://www.mineralesyrocas.com/albita/>

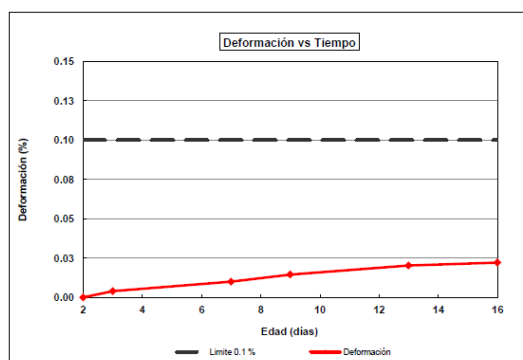


Figura 25. Reacción Álcali – Sílice.

Fuente: Centro Técnico del Hormigón - HOLCIM

4.2.2. Ensayo compresión simple a las probetas de suelo cemento.

Se realiza el ensayo de resistencia a compresión simple (ASTM D 1633) de las probetas cilíndricas a los 7, 14 y 28 días. La densidad de la probeta se ve afectada con el ensayo de compactación y el contenido de agua, variables que influyen en la magnitud de la resistencia la compresión.

Dependiendo de la resistencia a la compresión se obtendrá un criterio para determinar el porcentaje óptimo de cemento. Debido a que muchos suelos contienen minerales compuestos que pueden atrasar o acelerar el proceso de endurecimiento cuando los mismos reaccionan con el cemento y el agua, es conveniente realizar ensayos de resistencia a la compresión a los 28 días, lo que permitirá determinar la tendencia del endurecimiento, permitiendo estimar valores de f'_c para edades mayores. El resultado promedio de las roturas a los 28 días fue:

Tabla 27.

Resultados promedios de la rotura probetas suelo cemento a los 28 días.

% de cemento	Resistencia kg/cm ²	Norma MTOP	Cumplimiento
5%	22.41		No Cumple
7%	44.60		Si Cumple
9%	49.80		Si Cumple
2%+Terrasil	7.07	25 kg/cm ²	No Cumple
2%+Terrasil+			
Zycobond	5.65		No Cumple

Fuente: Lissette Clemente – Jairo Ramírez.

Las resistencias a la compresión de las alternativas dadas, dan como resultados que, de los porcentajes de cemento, el de 7% y 9% cumplen con la norma del MTOP, pero el de 5% de cemento no llega a cumplir con la resistencia estipulada en esta norma. Con respecto a los estabilizantes de terrasil y Zycobond mas el 2% de cemento, no llegaron a cumplir con la resistencia de 25 kg/cm² de esta normativa.

4.2.3. Modulo Young en probetas de suelo cemento.

Este ensayo permite determinar el módulo elástico (módulo de Young) de cilindros moldeados en laboratorio, en este caso, cilindros moldeados con suelo cemento, cuando se aplica un esfuerzo de compresión longitudinal. “El módulo elástico es la pendiente de una recta trazada entre dos puntos específicos de la parte elástica de la curva esfuerzo deformación unitario.”²⁵

Antes del ensayo, se toman las medidas del espécimen cilíndrico de suelo cemento. Además, se debe ensayar a compresión simple otro espécimen con el mismo porcentaje de cemento para determinar la resistencia última. Una vez obtenido estos datos, se coloca el espécimen en la máquina de ensayo y se carga inicialmente para comprobar su funcionamiento. Se carga una segunda vez y se toman las deformaciones hasta llegar al 40% de la resistencia última.

Tabla 28.
Módulo de Young.

Suelo Cemento	Módulo Elástico (GPa)	Módulo Elástico (PSI)	Norma INV E para Base (PSI)
5%	6,1	883.525	
7%	15,1	2'185.777	
9%	16.81	2'434.617	
2%+Terrasil	1.9	278.813	800.000
2%+Terrasil +Zycobond	1.5	222.271	

Fuente: Lissette Clemente – Jairo Ramírez.

²⁵ ASTM C469/C469M - 14

El módulo elástico de las alternativas de este proyecto de investigación, dan como cumplimiento que todos los porcentajes de cemento sobrepasan la norma para base estabilizada con cemento de INVIAS - Colombia, 2002, pero con las otras alternativas de terrasil y zycobond no cumplen los parámetros de esta norma. Cabe recalcar que, para una base estabilizada con cemento, el INVIAS especifica que su módulo elástico típico es de 800.000 psi, concluyendo que todas las alternativas de este proyecto cumplen con esta normativa.

La alternativa de suelo + terrasil se le realizó solo el ensayo de capacidad de soporte, debido a que no tiene cemento que permita realizar los ensayos de endurecimiento. El resultado de esta mezcla se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 29.

Resultado del CBR de la alternativa 2.

Capacidad de soporte CBR			
Descripción	% Laboratorio	Norma	Cumplimiento
Material de préstamo +	85.40	Sub-base > 30%	Cumple
Terrasil		Base > 80%	Cumple

Fuente: Lissette Clemente – Jairo Ramírez

El resultado de la capacidad portante de la mezcla del suelo con terrasil, cumple con la normativa del MTOP, este 85,40 % del CBR del 95% de la densidad seca máxima, sobrepasando la norma tanto como para sub-base, así mismo como para base.

A pesar de que no se cumplió con las especificaciones del MTOP de 25 kg/cm², se optó por la mezcla de suelo más 5% de cemento como mejor la alternativa técnica, puesto que, el módulo elástico de las probetas de suelo cemento es mayor a los 800.000 psi para una base estabilizada con cemento.

El resumen de los ensayos con las características específicas de mejoramiento, tanto como para el suelo natural de la cantera “La Negrita” y del suelo modificado con cada uno de los estabilizantes que se mostrarán en la siguiente tabla:

Tabla 30.
Resumen de ensayos.

Ensayo	Material Natural	Material Modificado	Observación
Límites de Atterberg (Índice de Plasticidad)	7.32	No Plástico	Mejora
CBR	74.83%	85.40%	Mejora
Módulo Elástico	15.073,41 PSI	883.525 PSI	Mejora

Fuente: Lissette Clemente – Jairo Ramírez

4.3. Análisis de precios unitarios

En el presente proyecto tiene como objetivo el análisis técnico económico, tomando en cuenta que es un factor importante en el desarrollo de este proyecto de investigación, ya que se determina el mejor estabilizante con menor costo, comparado con el costo normal en traer el material desde otras provincias más su transporte.

El rubro que se analiza es el de base granular clase 1 incluido su transporte con el análisis de precios unitarios obtenidos de cada uno de los estabilizantes con su mezclas y porcentajes como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 31.
Rubros de base granular y rubros de base de agregados más estabilizantes

Rubro	Unidad	Costo Unitario
Base granular clase 1.	m ³	44.23
Base de agregados con material de cantera y estabilizados con 5% de cemento tipo MH.	m ³	36.28
Base de agregados con material de cantera y estabilizados con 7% de cemento tipo MH.	m ³	42.11
Base de agregados con material de cantera y estabilizados con 9% de cemento tipo MH.	m ³	47.95

Base de agregados de material de cantera estabilizado con 1.5 kg/m ³ terrasil.	m ³	62.92
Base de agregados con material de cantera y estabilizados con 2% de cemento tipo mh + 0.75 kg/m ³ terrasil	m ³	45.77
Base de agregados con material de cantera y estabilizados con 2% de cemento tipo mh 0.30 kg/m ³ terrasil + 0.75 kg/m ³ zycobond	m ³	42.78

Fuente: Lissette Clemente – Jairo Ramírez.

En las diferentes mezclas de suelo más cemento, suelo más terrasil, suelo más cemento más terrasil, suelo más cemento más terrasil más zycobond, da como mejor resultado económico la mezcla de suelo más 5% de cemento y a la vez cumpliendo con las especificaciones técnicas y normas de la estabilización de suelo cemento.

Los otros porcentajes de cemento dan un costo unitario menor para el 7%, pero mayor para el 9% comparado con el costo unitario de base granular clase 1, así como con los otros estabilizantes, dieron un mayor precio unitario para las alternativas de suelo más terrasil y suelo más terrasil más cemento, pero con un menor costo unitario para la alternativa de suelo más cemento más terrasil más zycobond, comparado con el precio unitario de base granular clase 1, que es importado desde otras provincias aledañas.

Dando como resultados que las alternativas 1, con el 5% y 7% de cemento y la alternativa 4, pueden utilizarse para mejorar las vías con un costo inferior que, al comprarlo de otras ciudades, pero como este es un proyecto de investigación técnico – económico se opta por la opción del de menor costo. Los análisis de precios unitarios (APUS) se encuentran en el anexo O.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones.

- El material de la cantera La Negrita ha sido clasificado como GW-GM según la clasificación SUCS y un suelo tipo A – 2 - 7 según la clasificación de la AASHTO, teniendo en cuenta que su densidad seca máxima del proctor es de 1400 kg/m^3 , relativamente baja para suelos utilizados en vías, pero a su vez con un CBR mayor al 100 %.
- Por medio de la difracción de rayos X se observa que el material de la cantera “La Negrita” cuenta con mayor presencia de Sílice 28.6% y de Cristobalita 27.1%, concordando con los datos de actividad del material, donde se justifica la dureza del suelo y de bajo peso específico causado por la influencia de este tipo de minerales.
- Los estabilizantes utilizados en este proyecto de investigación dieron resultados de bueno a excelente, pero el mejor estabilizante con un costo menor a los otros fue la alternativa de 5% de cemento vial MH, pero los que cumplieron con las especificaciones técnicas del MTOP para ser utilizado como base estabilizada con cemento fueron los de 7% y 9%.
- La compra de base granular de provincias aledañas genera siempre un alto costo para la construcción de vías de primer orden para la provincia de Santa Elena, la aplicación de este método de suelo-cemento con el material de la cantera antes mencionada, garantiza la estabilidad y vida útil de las vías, reemplazando a la sub-base.
- Según el análisis de precios unitarios, da como resultado que es más económico utilizar el material de base granular de la cantera “La Negrita” estabilizado con 5% de cemento vial, en comparación con la base granular clase 1 que se obtiene desde la ciudad de Guayaquil, determinando un costo de relación de 18% más barato.
- Las bases estabilizadas con cemento, aportan eficiencia a los pavimentos rígidos y flexibles, además del incremento de la capacidad de carga de la plataforma ayuda a reducir el espesor de la estructura de la vía.

5.2. Recomendaciones

- Para realizar una buena mezcla con los estabilizantes se debe tamizar el material de la cantera por el tamiz N° 3/4" a 1", dependiendo de la granulometría que dé el material, ya que puede haber material más fino que material grueso.
- Para la elaboración de probetas con suelo cemento, se recomienda usar un martillo vibrador, de masa (sin placa de protección ni eje) igual a $10 \pm 1,5$ kg, con una potencia mínima de 900 Watts proporcionando entre 2000 ± 200 impactos por minuto.
- Para la mezcla de suelo cemento se deberá hacer probetas de 150 mm de diámetro y 300 mm de alto, las cuales deben tener como resultados del ensayo a la resistencia a la compresión simple para los cilindros de suelo cemento, deben bordar entre los 28 -70 kg/cm² a los 28 días, previamente saturados, según la tabla 4.1 del ACI 230.
- Desde el punto de vista constructivo la capa de base estabilizada con cemento no será mayor a 30 cm, ya que de ser mayor no se obtendría una buena compactación y un curado completo.
- Con estos resultados económicos, se reduce un 53 % del costo de un rubro que es sumamente alto, al momento de realizar un diseño de un pavimento, por el cual es recomendable que los gobiernos locales puedan utilizar este material estabilizado con cemento vial tipo MH en las diferentes vías de la provincia y así reducir sus costos en sus presupuestos.

BIBLIOGRAFÍA

Ministerio De Transporte y Obras Públicas (MTO). Normas y especificaciones técnicas del sector vial. Recuperado de <http://www.obraspublicas.gob.ec/mtop-actualiza-y-complementa-las-normas-y-especificaciones-tecnicas-del-sector-vial/>

Tesis de grado “Estabilización de suelos expansivos con cal y cemento en el sector Cacical del cantón Tosagua provincia de Manabí”. <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/11180>

NEVI-12-MTOP (2013). Norma Ecuatoriana Vial, Volumen 6. Recuperado de http://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/12/01-12-2013_Manual_NEVI-12_VOLUMEN_6.pdf

American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO). <https://www.transportation.org/>

A.C.I. Committee 440 (2008), “Guide for the design and construction of externally bonded FRP systems for strengthening concrete structures (ACI 440.2R-08) ”.

Norma I.N.V. E – 808 – 07 ftp://ftp.unicauca.edu.co/Documentos_Publicos/Facultades/FIC/IngCivil/Especificaciones_Normas_INV-07/Normas/Norma%20INV%20E-808-07.pdf



Normas de la ASTM internacional Volumen 04.08 https://www.astm.org/BOOKSTORE/BOS/TOCS_2018/04.08.html

Tesis de grado “Aplicación de la Microscopía Electrónica de Barrido al Análisis Metalográfico y Fractográfico en Elementos de Motores” <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/11157>

Designatio: H-4140-CBR, “Test Method for Using The Humboldt GeoGauge as an In-Place Index of CBR”. Recuperado de: [http://www.hanmicorp.net/MFG/Humboldt/GeoGauge/GeoGauge%20-%20As%20CBR%20Index\[1\].pdf](http://www.hanmicorp.net/MFG/Humboldt/GeoGauge/GeoGauge%20-%20As%20CBR%20Index[1].pdf)



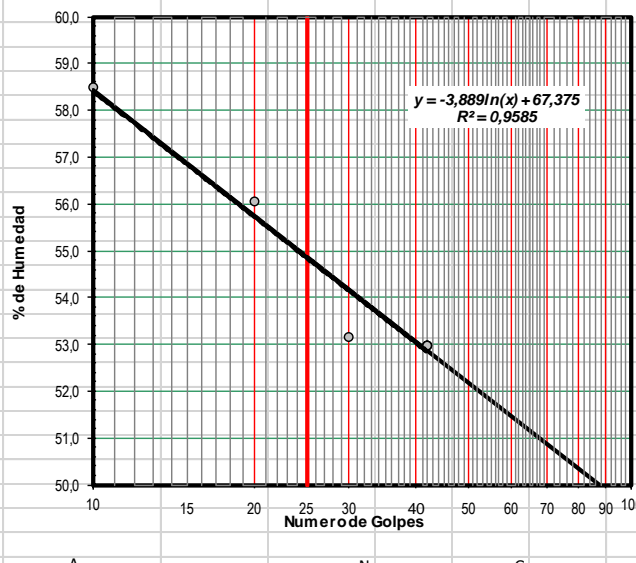
Micropaleontología Ecuatoriana, Datos Biostatigráficos y Paleocológicos de las cuencas: Graben de Jambelí, Progreso, Manabí, Esmeraldas y Oriente; del levantamiento de la Península de Santa Elena, y de las cordilleras Chongón Colonche, Costera y Occidental.

Anexo A.2 Contenido de humedad de la muestra 2.



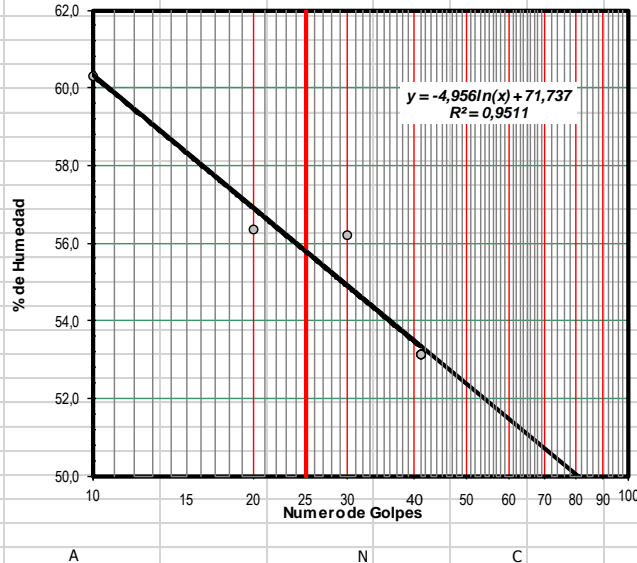
	<p>UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERIA CARRERA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, HORMIGONES Y ASFALTO</p>																			
Informe de resultados: contenido de humedad normas ATM D 2216																				
<p>PROYECTO: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA ESTABILIZACIÓN DEL MATERIAL DE LA CANTERA "LA NEGRITA" UTILIZANDO CEMENTO, TERRASIL, ZYCOBOND</p>	<p>MUESTRA Nº : 2 CANTERA: La Negrita 9746467 COORDENADAS: 510506</p>																			
<table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <tr style="background-color: #ADD8E6;"> <td style="padding: 5px;">METODO A</td> <td style="padding: 5px;">CONTENIDO DE AGUA REPORTADO AL ± 1%</td> </tr> </table> <table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #ADD8E6;"> <th style="padding: 5px;">TAMAÑO MAXIMO DE PARTICULAS (100% PASANDO)</th> <th style="padding: 5px;">CANTIDAD DE MASA MINIMA EN ENSAYO</th> <th style="padding: 5px;">CAPACIDAD DE LECTURA DE BALANZA (gr)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center; padding: 5px;">3/4" (19 mm)</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">250 gr</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">1</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <tbody> <tr> <td style="padding: 5px;">RECIPIENTE #</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">B</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA HÚMEDA (P1)</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">650</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA SECA (P2)</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">543</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">MASA DE RECIPIENTE (P4)</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">95</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 5px; text-align: center;">% DE HUMEDAD</td> <td style="text-align: center; padding: 5px; background-color: #ADD8E6;">23,88</td> </tr> </table> <p>Observaciones:</p>			METODO A	CONTENIDO DE AGUA REPORTADO AL ± 1%	TAMAÑO MAXIMO DE PARTICULAS (100% PASANDO)	CANTIDAD DE MASA MINIMA EN ENSAYO	CAPACIDAD DE LECTURA DE BALANZA (gr)	3/4" (19 mm)	250 gr	1	RECIPIENTE #	B	MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA HÚMEDA (P1)	650	MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA SECA (P2)	543	MASA DE RECIPIENTE (P4)	95	% DE HUMEDAD	23,88
METODO A	CONTENIDO DE AGUA REPORTADO AL ± 1%																			
TAMAÑO MAXIMO DE PARTICULAS (100% PASANDO)	CANTIDAD DE MASA MINIMA EN ENSAYO	CAPACIDAD DE LECTURA DE BALANZA (gr)																		
3/4" (19 mm)	250 gr	1																		
RECIPIENTE #	B																			
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA HÚMEDA (P1)	650																			
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA SECA (P2)	543																			
MASA DE RECIPIENTE (P4)	95																			
% DE HUMEDAD	23,88																			
<p>REALIZADO POR: LISSETTE CLEMENTE PANCHANA - JAIRO RAMIREZ BAQUERIZO</p>	<p>REVISADO POR: Ing. Lucrecia Moreno Alcivar, Mg</p>	<p>FECHA: oct-18</p>																		

Anexo B. Ensayos de Límites de Atterberg.



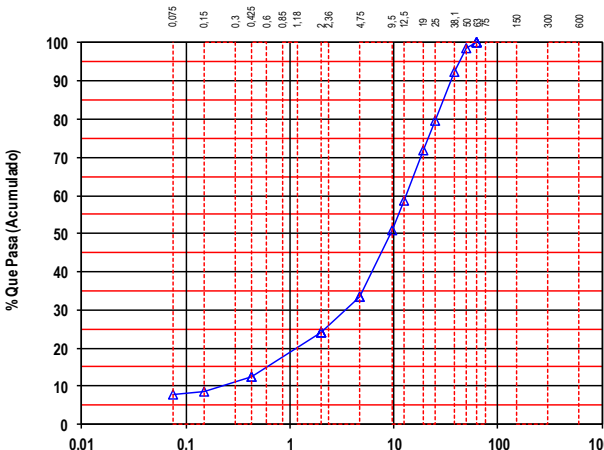
Anexo B.1 Limite líquido y limite plástico de la muestra 1.

	UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERIA CARRERA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, HORMIGONES Y ASFALTO					
Determinación del Limite Líquido, Limite Plástico e Índice de Plasticidad de los Suelos						
PROYECTO: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA ESTABILIZACIÓN DEL MATERIAL DE LA CANTERA "LA NEGRITA" UTILIZANDO CEMENTO, TERRASIL, ZYCOBOND		MUESTRA Nº : 1 CANTERA: La Negrita COORDENADAS: NORTE: 9746467 ESTE: 510506				
LIMITE LÍQUIDO						
RECIPIENTE #	v2	12	W4	W1		
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA HÚMEDA (P1)	27,47	30,05	30,03	28,77		
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA SECA (P2)	20,71	22,65	22,78	21,94		
MASA DE AGUA (P3 = P1 - P2)	6,76	7,40	7,25	6,83		
MASA DE RECIPIENTE (P4)	9,15	9,45	9,14	9,05		
MASA DE MUESTRA SECA (P5 = P2 - P4)	11,56	13,20	13,64	12,89		
% DE HUMEDAD (W = P3 × 100 ÷ P5)	58,48	56,06	53,15	52,99		
# DE GOLPES	10	20	30	42		
LIMITE PLÁSTICO				Observaciones : <i>Normas de Referencia</i> INEN 691-1982 INEN 692-1982 ASTM D 4318-98 AASHTO T 89-94 AASHTO T 90-94 Según carta de la composición mineralógica en la plasticidad (Day, 1999),		
RECIPIENTE #	W5	14	L2	D		
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA HÚMEDA (P1)	15,03	14,81	14,33			
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA SECA (P2)	13,32	12,97	12,76			
MASA DE AGUA (P3 = P1 - P2)	1,71	1,84	1,57			
MASA DE RECIPIENTE (P4)	9,71	9,11	9,46			
MASA DE MUESTRA SECA (P5 = P2 - P4)	3,61	3,86	3,30			
% DE HUMEDAD (W = P3 × 100 ÷ P5)	47,37	47,67	47,58			
<div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <p>U</p> <div style="background-color: #ADD8E6; padding: 5px; width: 100px; text-align: center;"> RESULTADOS </div> <div style="background-color: #ADD8E6; padding: 5px; width: 100px; text-align: center; margin-bottom: 5px;"> L. Líquido = 54.86 </div> <div style="background-color: #ADD8E6; padding: 5px; width: 100px; text-align: center; margin-bottom: 5px;"> L. Plástico = 47.54 </div> <div style="background-color: #ADD8E6; padding: 5px; width: 100px; text-align: center;"> I. Plasticidad = 7.32 </div> <p>Clasificación Según Carta de Plasticidad ASTM D2487 SUCS = ML</p> </div> </div>						
REALIZADO Y CALCULADO POR: LISSETTE CLEMENTE PANCHANA - JAIRO RAMIREZ BAQUERIZO		REVISADO POR: Ing. Lucrecia Moreno Alcivar, Mg		FECHA: Octubre 2018		

Anexo B.2 Limite líquido y limite plástico de la muestra 2.



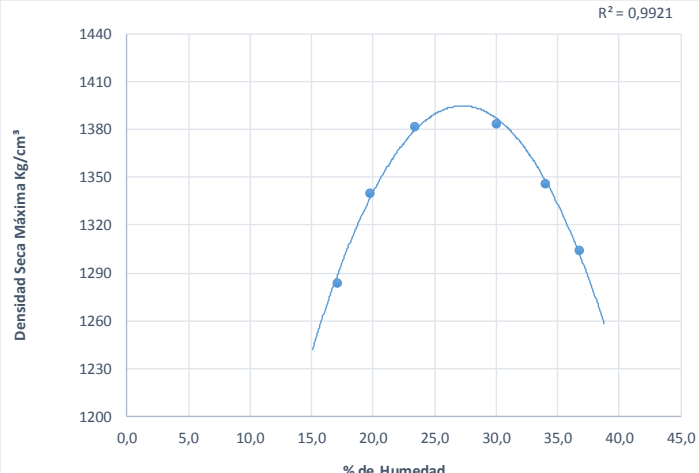
	UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERIA CARRERA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, HORMIGONES Y ASFALTO						
Determinación del Limite Líquido, Limite Plástico e Índice de Plasticidad de los Suelos							
PROYECTO: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA ESTABILIZACIÓN DEL MATERIAL DE LA CANTERA "LA NEGRITA" UTILIZANDO CEMENTO, TERRASIL, ZYCOBOND	MUESTRA N° :	2					
	CANTERA:	La Negrita					
	COORDENADAS:	NORTE: 9746467 ESTE: 510506					
LIMITE LÍQUIDO							
RECIPIENTE #	P2	S	9	4			
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA HÚMEDA (P1)	27,43	38,67	31,30	35,83			
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA SECA (P2)	20,58	28,08	23,43	26,60			
MASA DE AGUA (P3 = P1 - P2)	6,85	10,59	7,87	9,23			
MASA DE RECIPIENTE (P4)	9,22	9,29	9,43	9,23			
MASA DE MUESTRA SECA (P5 = P2 - P4)	11,36	18,79	14,00	17,37			
% DE HUMEDAD (W = P3 × 100 ÷ P5)	60,30	56,36	56,21	53,14			
# DE GOLPES	10	20	30	41			
LIMITE PLÁSTICO							
RECIPIENTE #	1	8	N4	D			
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA HÚMEDA (P1)	15,39	14,34	14,68				
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA SECA (P2)	13,35	12,67	12,94				
MASA DE AGUA (P3 = P1 - P2)	2,04	1,67	1,74				
MASA DE RECIPIENTE (P4)	9,20	9,13	9,28				
MASA DE MUESTRA SECA (P5 = P2 - P4)	4,15	3,54	3,66				
% DE HUMEDAD (W = P3 × 100 ÷ P5)	49,16	47,18	47,54				
			Observaciones : Normas de Referencia INEN 691-1982 INEN 692-1982 ASTM D 4318-98 AASHTO T 89-94 AASHTO T 90-94				
			Según carta de la composición mineralógica en la plasticidad (Day, 1999),				
			U				
							
			RESULTADOS				
			L. Líquido = 55.78				
			L. Plástico = 47.96				
			I. Plasticidad = 7.82				
			Clasificación Según Carta de Plasticidad ASTM D2487 SUCS = ML				
REALIZADO Y CALCULADO POR:			REVISADO POR:			FECHA:	
LISSETTE CLEMENTE PANCHANA - JAIRO RAMIREZ BAQUERIZO			Ing. Lucrecia Moreno Alcivar, Mg			Octubre 2018	

Anexo C. Ensayo Determinación de la Distribución Granulométrica.
Anexo C.1 Granulometría de la muestra 1.



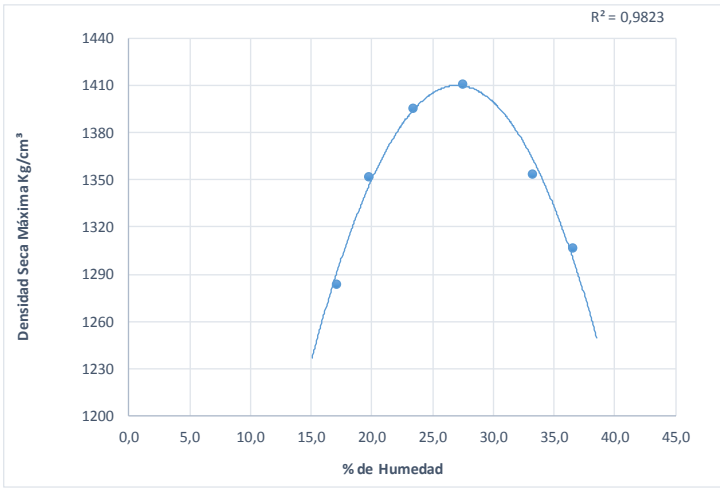
	UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERIA CARRERA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, HORMIGONES Y ASFALTO																																																																																																																
Determinación de la Distribución Granulométrica de Suelos y Agregados Gruesos y Finos																																																																																																																	
PROYECTO: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA ESTABILIZACIÓN DEL MATERIAL DE LA CANTERA "LA NEGRITA" UTILIZANDO CEMENTO, TERRASIL, ZYCOBOND		MUESTRA N° : 1 CANTERA: LA NEGRITA COORDENADAS: NORTE: 9746467 ESTE: 510506																																																																																																															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Ensayo de Contenido de Humedad</th> <th colspan="2">Material Serie</th> </tr> <tr> <th>Gruesa</th> <th>Fina</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Recipiente N°</td> <td>G</td> <td>Pp</td> </tr> <tr> <td>Masa de Recipiente + Muestra Húmeda (P1)</td> <td>641,00</td> <td>305,00</td> </tr> <tr> <td>Masa de Recipiente + Muestra Seca (P2)</td> <td>538,92</td> <td>251,82</td> </tr> <tr> <td>Masa de Agua (P3 = P1 - P2)</td> <td>102,08</td> <td>53,18</td> </tr> <tr> <td>Masa del Recipiente (P4)</td> <td>91,18</td> <td>44,37</td> </tr> <tr> <td>Masa de Muestra Seca (P5 = P2 - P4)</td> <td>447,74</td> <td>207,45</td> </tr> <tr> <td>% de Humedad (W = P3 × 100 ÷ P5)</td> <td>22,80</td> <td>25,64</td> </tr> </tbody> </table>	Ensayo de Contenido de Humedad	Material Serie		Gruesa	Fina	Recipiente N°	G	Pp	Masa de Recipiente + Muestra Húmeda (P1)	641,00	305,00	Masa de Recipiente + Muestra Seca (P2)	538,92	251,82	Masa de Agua (P3 = P1 - P2)	102,08	53,18	Masa del Recipiente (P4)	91,18	44,37	Masa de Muestra Seca (P5 = P2 - P4)	447,74	207,45	% de Humedad (W = P3 × 100 ÷ P5)	22,80	25,64	OBSERVACIONES : <i>Normas de Referencia</i> INEN 154-1986 INEN 696-1982 INEN 697-1982 ASTM C 117-95 ASTM C 136-96a ASTM C 1140-98 AASHTO T 11-91 AASHTO T 27-93																																																																																						
Ensayo de Contenido de Humedad		Material Serie																																																																																																															
	Gruesa	Fina																																																																																																															
Recipiente N°	G	Pp																																																																																																															
Masa de Recipiente + Muestra Húmeda (P1)	641,00	305,00																																																																																																															
Masa de Recipiente + Muestra Seca (P2)	538,92	251,82																																																																																																															
Masa de Agua (P3 = P1 - P2)	102,08	53,18																																																																																																															
Masa del Recipiente (P4)	91,18	44,37																																																																																																															
Masa de Muestra Seca (P5 = P2 - P4)	447,74	207,45																																																																																																															
% de Humedad (W = P3 × 100 ÷ P5)	22,80	25,64																																																																																																															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="4">SERIE GRUESA</th> </tr> <tr> <th rowspan="2">Tamiz ASTM Abertura / N°.</th> <th colspan="2">Masa Retenida</th> <th rowspan="2">% Pasante Acumulado</th> </tr> <tr> <th>Parcial</th> <th>Acumulada</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>600, mm. 24 "</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>300, mm. 12 "</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>150, mm. 6 "</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>75, mm. 3 "</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>63, mm. 2 1/2 "</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>50, mm. 2 "</td><td>190</td><td>154,7</td><td>98,76</td></tr> <tr><td>38,1 mm. 1 1/2 "</td><td>980</td><td>952,8</td><td>92,37</td></tr> <tr><td>25, mm. 1 "</td><td>1970</td><td>2557,0</td><td>79,52</td></tr> <tr><td>19, mm. 3/4 "</td><td>1160</td><td>3501,7</td><td>71,95</td></tr> <tr><td>12,5 mm. 1/2 "</td><td>2030</td><td>5154,8</td><td>58,71</td></tr> <tr><td>9,5 mm. 3/8 "</td><td>1220</td><td>6148,3</td><td>50,75</td></tr> <tr><td>4,75 mm. No. 4</td><td>2640</td><td>8298,1</td><td>33,53</td></tr> <tr><td>Pasa No. 4</td><td>5260</td><td>4186,7</td><td></td></tr> </tbody> </table>	SERIE GRUESA				Tamiz ASTM Abertura / N°.	Masa Retenida		% Pasante Acumulado	Parcial	Acumulada	600, mm. 24 "				300, mm. 12 "				150, mm. 6 "				75, mm. 3 "				63, mm. 2 1/2 "				50, mm. 2 "	190	154,7	98,76	38,1 mm. 1 1/2 "	980	952,8	92,37	25, mm. 1 "	1970	2557,0	79,52	19, mm. 3/4 "	1160	3501,7	71,95	12,5 mm. 1/2 "	2030	5154,8	58,71	9,5 mm. 3/8 "	1220	6148,3	50,75	4,75 mm. No. 4	2640	8298,1	33,53	Pasa No. 4	5260	4186,7		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="4">SERIE FINA</th> </tr> <tr> <th rowspan="2">Tamiz ASTM Abertura / N°.</th> <th colspan="2">Masa Retenida</th> <th rowspan="2">% Pasante</th> </tr> <tr> <th>Parcial</th> <th>Acumulada</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>2,36 mm. No. 8</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2, mm. No. 10</td><td>68,40</td><td>68,40</td><td>71,36</td></tr> <tr><td>1,18 mm. No. 16</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>0,85 mm. No. 20</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>0,60 mm. No. 30</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>No. 40</td><td>82,00</td><td>150,40</td><td>37,01</td></tr> <tr><td>0,3 mm. No. 50</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>0,15 mm. No. 100</td><td>26,40</td><td>176,80</td><td>25,96</td></tr> <tr><td>0,075 mm. No. 200</td><td>7,70</td><td>184,50</td><td>22,73</td></tr> <tr><td>Pasa No. 200</td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table> <p>Masa inicial del material para Lavado 300 gr. Masa final corregida por Humedad de los finos 238,8 gr. Masa Total del Material utilizados para el Ensayo 12484,8</p>	SERIE FINA				Tamiz ASTM Abertura / N°.	Masa Retenida		% Pasante	Parcial	Acumulada	2,36 mm. No. 8				2, mm. No. 10	68,40	68,40	71,36	1,18 mm. No. 16				0,85 mm. No. 20				0,60 mm. No. 30				No. 40	82,00	150,40	37,01	0,3 mm. No. 50				0,15 mm. No. 100	26,40	176,80	25,96	0,075 mm. No. 200	7,70	184,50	22,73	Pasa No. 200			
SERIE GRUESA																																																																																																																	
Tamiz ASTM Abertura / N°.	Masa Retenida		% Pasante Acumulado																																																																																																														
	Parcial	Acumulada																																																																																																															
600, mm. 24 "																																																																																																																	
300, mm. 12 "																																																																																																																	
150, mm. 6 "																																																																																																																	
75, mm. 3 "																																																																																																																	
63, mm. 2 1/2 "																																																																																																																	
50, mm. 2 "	190	154,7	98,76																																																																																																														
38,1 mm. 1 1/2 "	980	952,8	92,37																																																																																																														
25, mm. 1 "	1970	2557,0	79,52																																																																																																														
19, mm. 3/4 "	1160	3501,7	71,95																																																																																																														
12,5 mm. 1/2 "	2030	5154,8	58,71																																																																																																														
9,5 mm. 3/8 "	1220	6148,3	50,75																																																																																																														
4,75 mm. No. 4	2640	8298,1	33,53																																																																																																														
Pasa No. 4	5260	4186,7																																																																																																															
SERIE FINA																																																																																																																	
Tamiz ASTM Abertura / N°.	Masa Retenida		% Pasante																																																																																																														
	Parcial	Acumulada																																																																																																															
2,36 mm. No. 8																																																																																																																	
2, mm. No. 10	68,40	68,40	71,36																																																																																																														
1,18 mm. No. 16																																																																																																																	
0,85 mm. No. 20																																																																																																																	
0,60 mm. No. 30																																																																																																																	
No. 40	82,00	150,40	37,01																																																																																																														
0,3 mm. No. 50																																																																																																																	
0,15 mm. No. 100	26,40	176,80	25,96																																																																																																														
0,075 mm. No. 200	7,70	184,50	22,73																																																																																																														
Pasa No. 200																																																																																																																	
<p style="text-align: center;">CURVA DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMETRICA TAMICES ASTM (Abertura en milímetros)</p> 			<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="3">Distribución del Tamaño de las Partículas</th> </tr> <tr> <th colspan="3">Valores expresados en Porcentajes</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Pedregón Rodado (> 12")</td> <td></td> <td>0,0</td> </tr> <tr> <td>Canto Rodado (12"-3")</td> <td></td> <td>0,0</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Grava (3"-N°4)</td> <td>Gruesa (3"-3/4")</td> <td>28,0</td> </tr> <tr> <td>Fina (3/4"-N°10)</td> <td>38,4</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">Arena (N°4-N°200)</td> <td>Gruesa (N°4-Media)</td> <td>9,6</td> </tr> <tr> <td>Media (N°10-Fina)</td> <td>11,5</td> </tr> <tr> <td>Fina (N°40)</td> <td>4,8</td> </tr> <tr> <td>Finos (> N°200)</td> <td></td> <td>7,6</td> </tr> </tbody> </table>	Distribución del Tamaño de las Partículas			Valores expresados en Porcentajes			Pedregón Rodado (> 12")		0,0	Canto Rodado (12"-3")		0,0	Grava (3"-N°4)	Gruesa (3"-3/4")	28,0	Fina (3/4"-N°10)	38,4	Arena (N°4-N°200)	Gruesa (N°4-Media)	9,6	Media (N°10-Fina)	11,5	Fina (N°40)	4,8	Finos (> N°200)		7,6																																																																																			
Distribución del Tamaño de las Partículas																																																																																																																	
Valores expresados en Porcentajes																																																																																																																	
Pedregón Rodado (> 12")		0,0																																																																																																															
Canto Rodado (12"-3")		0,0																																																																																																															
Grava (3"-N°4)	Gruesa (3"-3/4")	28,0																																																																																																															
	Fina (3/4"-N°10)	38,4																																																																																																															
Arena (N°4-N°200)	Gruesa (N°4-Media)	9,6																																																																																																															
	Media (N°10-Fina)	11,5																																																																																																															
	Fina (N°40)	4,8																																																																																																															
Finos (> N°200)		7,6																																																																																																															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Condiciones de Filtro</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>D15 = 0,602</td> <td>Cu = 21,63</td> </tr> <tr> <td>D30 = 3,455</td> <td></td> </tr> <tr> <td>D60 = 13,020</td> <td>Cc = 1,52</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;"> Cu >= 4 OK 1 <= Cc <= 3 OK </td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/> Calcular condiciones de Filtro</p>			Condiciones de Filtro		D15 = 0,602	Cu = 21,63	D30 = 3,455		D60 = 13,020	Cc = 1,52	Cu >= 4 OK 1 <= Cc <= 3 OK																																																																																																						
Condiciones de Filtro																																																																																																																	
D15 = 0,602	Cu = 21,63																																																																																																																
D30 = 3,455																																																																																																																	
D60 = 13,020	Cc = 1,52																																																																																																																
Cu >= 4 OK 1 <= Cc <= 3 OK																																																																																																																	
REALIZADO Y CALCULADO POR: LISSETTE CLEMENTE PANCHANA - JAIRO RAMIREZ BAQUERIZO	REVISADO POR: Ing. Lucrecia Moreno Alcivar, Mg	FECHA: Octubre 2018																																																																																																															

Anexo D. Ensayo de Proctor Modificado.

Anexo D.1 Determinación del proctor de la muestra 1.



		UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA CARRERA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS, HORMIGONES Y ASFALTOS DETERMINACIÓN DE PROCTOR											
PROYECTO: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA ESTABILIZACIÓN DEL MATERIAL DE LA CANTERA "LA NEGRITA" UTILIZANDO CEMENTO, TERRASIL, ZYCOBOND						MUESTRA N°:	1						
						CANTERA	La Negrita						
						COORDENADAS	NORTE:	9746467					
						ESTE:	510506						
MASA DEL CILINDRO (P7) 5373 VOLUMEN DEL CILINDRO (V) 2114,32 MASA DEL MARTILLO (Kg.) 4,54 ALTURA DE CAÍDA DEL MARTILLO (cm.) 45,72		Modificado Metodo C; Porcion que pasa en la malla No 3/4. Puede usarse si mas de 20% por peso del material es retenido en la malla de 9,5mm (3/4 pulg) y menos de 30% por peso es retenido en la malla de 19,00 mm (3/4 pulg)											
TIPO DEL ENSAYO	C.Modificado Met. C; Ø=6"; 18" 4.5"												
# DE CAPAS	5												
# DE GOLPES POR CAPA	56												
DATOS DEL ENSAYO													
PUNTO#	1		2		3		4		5		6		
Material para ensayo	Grueso	Fino	Grueso	Fino	Grueso	Fino	Grueso	Fino	Grueso	Fino	Grueso	Fino	
RECIPIENTE #	R		H1		A4		41		K1		L1		
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA HÚMEDA (P1)	80,95		95,13		84,73		90,42		81,15		94,28		
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA SECA (P2)	71,56		82,26		71,82		73,45		64,85		73,48		
MASA DE AGUA (P3 = P1 - P2)	9		13		13		17		16		21		
MASA DE RECIPIENTE (P4)	16		17		17		17		17		17		
MASA DE MUESTRA SECA (P5 = P2 - P4)	55		65		55		57		48		57		
% DE HUMEDAD (W = P3 × 100 ÷ P5)	17,0		19,7		23,4		30,0		34,0		36,8		
% DE HUMEDAD PROMEDIO	17,04		19,69		23,37		30,02		34,02		36,78		
% DE HUMEDAD AÑADIDA AL SUELO	TN		100		200		300		400		500		
MASA DE CILINDRO + SUELO HÚMEDO (P6)	8550		8765		8977		9176		9187		9145		
MASA DE SUELO HÚMEDO (P8 = P6 - P7)	3177		3392		3604		3803		3814		3772		
DENSIDAD HÚMEDA DEL SUELO (Dh = P8 ÷ V)	1503		1604		1705		1799		1804		1784		
DENSIDAD SECA DEL SUELO (Ds = Dh ÷ (1 + W + 100))	1284		1340		1382		1383		1346		1304		
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 60%;">  </div> <div style="width: 35%; border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p style="text-align: center;">RESULTADOS</p> <p style="text-align: center;">Densidad Seca Máxima 1395 Kg./m³</p> <p style="text-align: center;">% de Humedad Optima 27,3 %</p> </div> </div>													
REALIZADO Y CALCULADO POR:				REVISADO POR:				FECHA DE ENSAYO					
Lisette Clemente - Jairo Ramirez				Ing. Lucrecia Moreno Alcívar, Mg.				OCTUBRE 2018					

Anexo D.2 Determinación del proctor de la muestra 2.

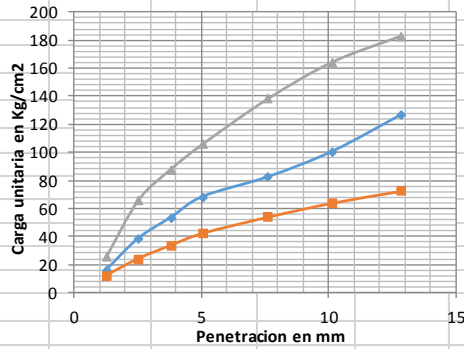
 UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA CARRERA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS, HORMIGONES Y ASFALTOS DETERMINACIÓN DE PROCTOR																	
PROYECTO: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA ESTABILIZACIÓN DEL MATERIAL DE LA CANTERA "LA NEGRITA" UTILIZANDO CEMENTO, TERRASIL, ZYCOBOND		MUESTRA N° :	2														
		CANTERA	La Negra														
		COORDENADAS	NORTE: 9746467 ESTE: 510506														
<table border="1"> <tr><td>MASA DEL CILINDRO (P7)</td><td>5373</td></tr> <tr><td>VOLUMEN DEL CILINDRO (V)</td><td>2114,32</td></tr> <tr><td>MASA DEL MARTILLO (Kg.)</td><td>4,54</td></tr> <tr><td>ALTURA DE CAÍDA DEL MARTILLO (cm.)</td><td>45,72</td></tr> <tr><td>TIPO DEL ENSAYO</td><td>C.Modificado Met. C; Ø=6" ; 18"-4.5"</td></tr> <tr><td># DE CAPAS</td><td>5</td></tr> <tr><td># DE GOLPES POR CAPA</td><td>56</td></tr> </table>	MASA DEL CILINDRO (P7)	5373	VOLUMEN DEL CILINDRO (V)	2114,32	MASA DEL MARTILLO (Kg.)	4,54	ALTURA DE CAÍDA DEL MARTILLO (cm.)	45,72	TIPO DEL ENSAYO	C.Modificado Met. C; Ø=6" ; 18"-4.5"	# DE CAPAS	5	# DE GOLPES POR CAPA	56	Modificado Metodo C; Porcion que pasa en la malla No 3/4. Puede usarse si mas de 20% por peso del material es retenido en la malla de 9,5mm (3/4 pulg) y menos de 30% por peso es retenido en la malla de 19,00 mm (3/4 pulg)		
MASA DEL CILINDRO (P7)	5373																
VOLUMEN DEL CILINDRO (V)	2114,32																
MASA DEL MARTILLO (Kg.)	4,54																
ALTURA DE CAÍDA DEL MARTILLO (cm.)	45,72																
TIPO DEL ENSAYO	C.Modificado Met. C; Ø=6" ; 18"-4.5"																
# DE CAPAS	5																
# DE GOLPES POR CAPA	56																
DATOS DEL ENSAYO																	
PUNTO #	1		2		3		4		5		6						
Material para ensayo	Grueso	Fino	Grueso	Fino	Grueso	Fino	Grueso	Fino	Grueso	Fino	Grueso	Fino					
RECIPIENTE #	R		H1		A4		41		K1		L1						
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA HÚMEDA (P1)	80,95		95,13		84,73		89,3		80,78		94,13						
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA SECA (P2)	71,56		82,26		71,82		73,68		64,85		73,48						
MASA DE AGUA (P3 = P1 - P2)	9		13		13		16		16		21						
MASA DE RECIPIENTE (P4)	16		17		17		17		17		17						
MASA DE MUESTRA SECA (P5 = P2 - P4)	55		65		55		57		48		57						
% DE HUMEDAD (W = P3 ÷ 100 ÷ P5)	17,0		19,7		23,4		27,5		33,2		36,5						
% DE HUMEDAD PROMEDIO	17,04		19,69		23,37		27,52		33,24		36,52						
% DE HUMEDAD AÑADIDA AL SUELO	TN		100		200		300		400		500						
MASA DE CILINDRO + SUELO HÚMEDO (P6)	8550		8795		9012		9176		9187		9145						
MASA DE SUELO HÚMEDO (P8 = P6 - P7)	3177		3422		3639		3803		3814		3772						
DENSIDAD HÚMEDA DEL SUELO (Dh = P8 ÷ V)	1503		1618		1721		1799		1804		1784						
DENSIDAD SECA DEL SUELO (Ds = Dh ÷ (1 + W ÷ 100))	1284		1352		1395		1411		1354		1307						
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="flex: 1;">  </div> <div style="flex: 0.5; border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p style="text-align: center;">RESULTADOS</p> <p style="text-align: center;">Densidad Seca Máxima 1410 Kg./m³</p> <p style="text-align: center;">% de Humedad Optima 27,0 %</p> </div> </div>																	
REALIZADO Y CALCULADO POR:				REVISADO POR:				FECHA DE ENSAYO									
Lissette Clemente - Jairo Ramirez				Ing. Lucrecia Moreno Alcívar, Mg.				OCTUBRE 2018									

Anexo E. Ensayo de CBR.

Anexo E.1 Determinación de CBR de la muestra 1.

 UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA CARRERA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS, HORMIGONES Y ASFALTOS DETERMINACIÓN DE C.B.R.							
PROYECTO: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA ESTABILIZACIÓN DEL MATERIAL DE LA CANTERA "LA NEGRITA" UTILIZANDO CEMENTO, TERRASIL, ZYCOBOND				MUESTRA N° : 1			
				CANTERA La Negrita			
				COORDENADAS NORTE: 9746467 ESTE: 510506			
MOLDE N°	XX	1	2				
PESO MOLDE	6,064	5,969	6,449	PESO DEL MARTILLO: 10 Lb.			
VOLUMEN MOLDE	0,00234334	0,0023488	0,0023674	ALTURA DEL MARTILLO: 18"			
No DE GOLPES CAPA:	12	25	56				
N° de ensayo:		1	2	3			
ANTES DE LA INMERSION							
No DE GOLPES CAPA:		12 Golpes x capa		56 Golpes x capa			
HUMEDAD	N° recipiente	Y	B	A			
	Wh + r	183,97	199,06	178,15			
	Ws + r	149,96	162,74	145,78			
	Ww	34,01	36,32	32,37			
	r	32,96	34,26	34,40			
	Ws	117,00	128,48	111,38			
	w (%)	29,07	28,27	29,06			
MOLDE NUMERO	XX	1	2				
Molde + suelo humedo (P)	9,88	10,01	10,70				
Molde	6,064	5,969	6,449				
Suelo humedo (W)	3,811	4,040	4,253				
Suelo seco (Ws)	2,953	3,150	3,295				
Contenido de agua (w)	29,07	28,27	29,06				
Densidad humeda (H)	1626	1720	1797				
Densidad seca (S)	1260	1341	1392				
DESPUES DE LA INMERSION							
HUMEDAD	N° recipiente	ARRIBA A	ABAJO Y	ARRIBA B	ABAJO J	ARRIBA Z	ABAJO 6
	Wh + r	149,5	139	149,7	160,2	174,5	119,1
	Ws + r	121,4	113,1	122,2	129,4	141,3	97,5
	Ww	28,10	25,90	27,50	30,80	33,20	21,60
	r	34,50	32,98	34,28	32,90	32,37	30,37
	Ws	86,90	80,12	87,92	96,50	108,93	67,13
	w (%)	32,34	32,33	31,28	31,92	30,48	32,18
	Promedio w (%)	32,33		31,60		31,33	
	Molde + suelo humedo (P)	9,98		10,09		10,73	
Molde	6,064		5,969		6,449		
Suelo humedo (W)	3,913		4,122		4,279		
Suelo seco (Ws)	2,957		3,132		3,258		
Contenido de agua (w)	32,33		31,60		31,33		
Densidad humeda (H)	1670		1755		1808		
Densidad seca (S)	1262		1334		1376		
HINCHAMIENTO							
Lectura inicial		0,40	0,42	0,43	0,46		
24 horas		0,42	0,43	0,44	0,48		
48 horas		0,42	0,44	0,49	0,49		
72 horas		0,43	0,45	0,49	0,49		
96 horas		0,43	0,45	0,49	0,49		
HINCHAMIENTO %		0,50	0,50	0,50	0,60		
PENETRACION							
NUMERO DE ENSAYO		1	2	3	1	2	3
Tamiz ASTM Abertura / N°.		CARGA DE PENETRACION EN Lb			CARGA DE PENETRACION EN Kg		
1.27 mm (0.05")		506	671,44	1073,16	230	305,2	487,8
2.54 mm (0.10")		1023,44	1637,02	2807,42	465,2	744,1	1276,1
3.81 mm (0.15")		1430,44	2269,96	3746,38	650,2	1031,8	1702,9
5.08 mm (0.20")		1796,52	2905,1	4509,12	816,6	1320,5	2049,6
7.62 mm (0.30")		2295,26	3505,04	5888,3	1043,3	1593,2	2676,5
10.16 mm (0.40")		2728,22	4286,7	7007,22	1240,1	1948,5	3185,1
12.70 mm (0.50")		3094,52	5406,06	7802,08	1406,6	2457,3	3546,4

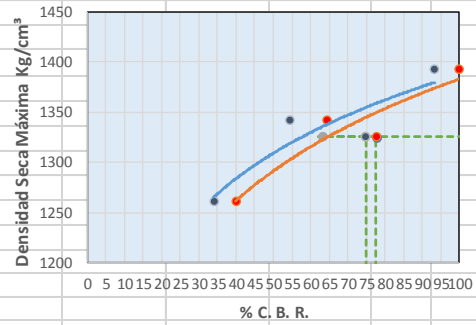
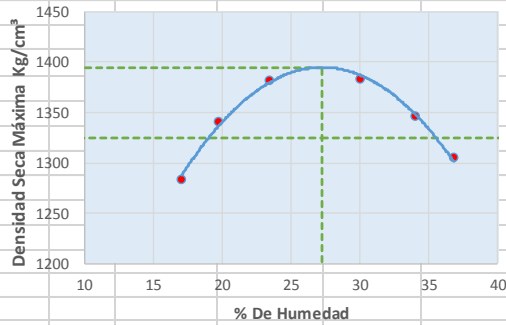
NUMERO DE ENSAYO	1	2	3	1	2	3
Tamiz ASTM Abertura / Nº.	CARGA UNITARIA EN Lb/pulg ²			CARGA UNITARIA EN Kg/cm ²		
1.27 mm (0.05")	168,32	223,35	356,98	11,859	15,736	25,151
2.54 mm (0.10")	340,44	544,55	933,87	23,986	38,366	65,796
3.81 mm (0.15")	475,83	755,09	1246,21	33,524	53,200	87,802
5.08 mm (0.20")	597,60	966,37	1499,93	42,104	68,085	105,677
7.62 mm (0.30")	763,51	1165,93	1958,71	53,793	82,145	138,000
10.16 mm (0.40")	907,53	1425,95	2330,91	63,940	100,465	164,224
12.87 mm (0.50")	1029,38	1798,30	2595,32	72,524	126,698	182,852



Nº de Golpes	Esfuerzo de penetración	
	0.10 pulg	0.20 pulg
12	23,986	42,104
25	38,366	68,085
56	65,796	105,677

C.B.R	%	
12	34,04	39,84
25	54,45	64,42
56	93,39	100,00

RELACION PROCTOR - C.B.R.



Densidad seca Máx. =	1395 Kg/m ³
Humedad Óptima =	27,26%
95% Densidad seca Máx. =	1325 Kg/m ³

CRB PARA 0,10" =	74,83%
CRB PARA 0,20" =	77,64%

REALIZADO Y CALCULADO POR:

REVISADO POR:



FECHA:

Lissette Clemente - Jairo Ramirez

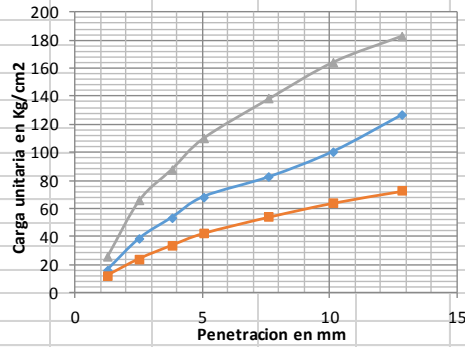
Ing. Lucrecia Moreno Alcívar, Mg.

OCTUBRE 2018

Anexo E.2 Determinación de CBR del suelo + terrasil.

		UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA CARRERA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS, HORMIGONES Y ASFALTOS DETERMINACIÓN DE C.B.R.					
PROYECTO: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA ESTABILIZACIÓN DEL MATERIAL DE LA CANTERA "LA NEGRITA" UTILIZANDO CEMENTO, TERRASIL, ZYCOBOND					MUESTRA N° : 2		
					CANTERA La Negrita		
					COORDENADAS NORTE: 9746467 ESTE: 510506		
MOLDE N°	XX	1	2				
PESO MOLDE	6,064	5,969	6,449	PESO DEL MARTILLO:	10 Lb.		
VOLUMEN MOLDE	0,00234334	0,0023488	0,0023674	ALTURA DEL MARTILLO:	18"		
No DE GOLPES CAPA:	12	25	56				
N° de ensayo:		1	2	3			
ANTES DE LA INMERSION							
No DE GOLPES CAPA:		12 Golpes x capa	25 Golpes x capa	56 Golpes x capa			
HUMEDAD	N° recipiente	Y	B	A			
	Wh + r	183,97	199,06	178,15			
	Ws + r	149,96	162,74	145,78			
	Ww	34,01	36,32	32,37			
	r	32,96	34,26	34,40			
	Ws	117,00	128,48	111,38			
	w (%)	29,07	28,27	29,06			
MOLDE NUMERO	XX	1	2				
Molde + suelo humedo (P)	9,88	10,01	10,70				
Molde	6,064	5,969	6,449				
Suelo humedo (W)	3,811	4,040	4,253				
Suelo seco (Ws)	2,953	3,150	3,295				
Contenido de agua (w)	29,07	28,27	29,06				
Densidad humeda (H)	1626	1720	1797				
Densidad seca (S)	1260	1341	1392				
DESPUES DE LA INMERSION							
HUMEDAD		ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO
	N° recipiente	A	Y	B	J	Z	6
	Wh + r	149,5	139	149,7	160,2	174,5	119,1
	Ws + r	121,4	113,1	122,2	129,4	141,3	97,5
	Ww	28,10	25,90	27,50	30,80	33,20	21,60
	r	34,50	32,98	34,28	32,90	32,37	30,37
	Ws	86,90	80,12	87,92	96,50	108,93	67,13
	w (%)	32,34	32,33	31,28	31,92	30,48	32,18
	Promedio w (%)	32,33		31,60		31,33	
Molde + suelo humedo (P)	9,98		10,09		10,73		
Molde	6,064		5,969		6,449		
Suelo humedo (W)	3,913		4,122		4,279		
Suelo seco (Ws)	2,957		3,132		3,258		
Contenido de agua (w)	32,33		31,60		31,33		
Densidad humeda (H)	1670		1755		1808		
Densidad seca (S)	1262		1334		1376		
HINCHAMIENTO							
Lectura inicial	0,40		0,42		0,46		
24 horas	0,42		0,43		0,48		
48 horas	0,42		0,44		0,48		
72 horas	0,42		0,44		0,49		
96 horas	0,43		0,45		0,49		
HINCHAMIENTO %	0,50		0,50		0,60		
PENETRACION							
NUMERO DE ENSAYO	1	2	3	1	2	3	
Tamiz ASTM Abertura / N°.	CARGA DE PENETRACION EN Lb			CARGA DE PENETRACION EN Kg			
1.27 mm (0.05")	506	671,44	1073,16	230	305,2	487,8	
2.54 mm (0.10")	1023,44	1637,02	2807,42	465,2	744,1	1276,1	
3.81 mm (0.15")	1430,44	2269,96	3746,38	650,2	1031,8	1702,9	
5.08 mm (0.20")	1796,52	2905,1	4690,62	816,6	1320,5	2132,1	
7.62 mm (0.30")	2295,26	3505,04	5888,3	1043,3	1593,2	2676,5	
10.16 mm (0.40")	2728,22	4286,7	7007,22	1240,1	1948,5	3185,1	
12.70 mm (0.50")	3094,52	5406,06	7802,08	1406,6	2457,3	3546,4	

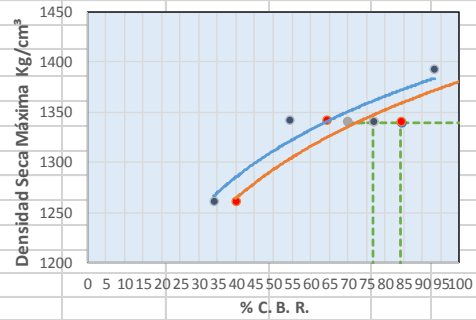
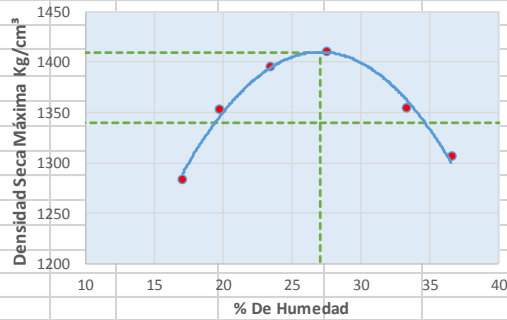
NUMERO DE ENSAYO	1	2	3	1	2	3
Tamiz ASTM Abertura / Nº.	CARGA UNITARIA EN Lb/pulg ²			CARGA UNITARIA EN Kg/cm ²		
1.27 mm (0.05")	168,32	223,35	356,98	11,859	15,736	25,151
2.54 mm (0.10")	340,44	544,55	933,87	23,986	38,366	65,796
3.81 mm (0.15")	475,83	755,09	1246,21	33,524	53,200	87,802
5.08 mm (0.20")	597,60	966,37	1560,31	42,104	68,085	109,931
7.62 mm (0.30")	763,51	1165,93	1958,71	53,793	82,145	138,000
10.16 mm (0.40")	907,53	1425,95	2330,91	63,940	100,465	164,224
12.87 mm (0.50")	1029,38	1798,30	2595,32	72,524	126,698	182,852



Nº de Golpes	Esfuerzo de penetración	
	0.10 pulg	0.20 pulg
12	23,986	42,104
25	38,366	68,085
56	65,796	109,931

C.B.R	%	
12	34,04	39,84
25	54,45	64,42
56	93,39	104,02

RELACION PROCTOR - C.B.R.



Densidad seca Máx. =	1410 Kg/m ³
Humedad Optima=	27,02%
95%Densidad seca Máx. =	1340 Kg/m ³

CRB PARA 0,10" =	76,96%
CRB PARA 0,20" =	84,23%

REALIZADO Y CALCULADO POR:

REVISADO POR:

FECHA:



Lisette Clemente - Jairo Ramírez

Ing. Lucrecia Moreno Alcívar, Mg.



OCTUBRE 2018

Anexo F. Ensayo de Abrasión de los Ángeles.



Anexo F.1 Determinación de la abrasión de los ángeles de la muestra 1 para sub-base.

	UNIVERSIDAD ESTADAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERIA CARRERA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, HORMIGONES Y ASFALTO																						
INFORME DE RESULTADOS: DETERMINACION DE LA ABRASION DE LOS ANGELES. NORMA ASTM C-131, ASTM C-535																							
PROYECTO: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA ESTABILIZACIÓN DEL MATERIAL DE LA CANTERA "LA NEGRITA" UTILIZANDO CEMENTO, TERRASIL, ZYCOBOND	MUESTRA N°	1																					
	CANTERA	La Negrita																					
	COORDENADAS	9746467 510505,9																					
METODO PARA AGREGADO GRUESO DE TAMAÑO MAYOR A 3/4																							
FORMULA	$\% \text{ DE PERDIDA} = \frac{PI - Pt}{PI}$ PI= Peso antes del ensayo Pt= Peso despues de tamizar por N°12																						
Método :	2	12 N° de Esferas, 1000 N° de Revoluciones, 30 minutos de tiempo de rotación																					
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">TAMIZ</th> <th rowspan="2" style="text-align: center;">PESO ANTES DEL ENSAYO</th> <th rowspan="2" style="text-align: center;">PESO DESPUES POR TAMIZ N° 12 (gr)</th> <th rowspan="2" style="text-align: center;">% DE PERDIDA</th> </tr> <tr> <th style="text-align: center;">PASA</th> <th style="text-align: center;">RETIENE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">2"</td> <td style="text-align: center;">1 ½"</td> <td style="text-align: center;">5000 ± 50</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1 ½"</td> <td style="text-align: center;">1"</td> <td style="text-align: center;">5000 ± 25</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td style="text-align: center;">10020</td> <td style="text-align: center;">5892</td> <td style="text-align: center;">41,20</td> </tr> </tbody> </table>		TAMIZ		PESO ANTES DEL ENSAYO	PESO DESPUES POR TAMIZ N° 12 (gr)	% DE PERDIDA	PASA	RETIENE	2"	1 ½"	5000 ± 50			1 ½"	1"	5000 ± 25					10020	5892	41,20
TAMIZ		PESO ANTES DEL ENSAYO	PESO DESPUES POR TAMIZ N° 12 (gr)				% DE PERDIDA																
PASA	RETIENE																						
2"	1 ½"	5000 ± 50																					
1 ½"	1"	5000 ± 25																					
		10020	5892	41,20																			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center; padding: 5px;"> % PERDIDA = 41,20% </td> </tr> </table>		% PERDIDA = 41,20%	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center; padding: 5px;"> NORMA MTOP CAPITULO 800 MATERIALES; SECCION 816. SUBBASES DE AGREGADOS ITEM 816-2. </td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 5px;"> % PERDIDA ≤ 50% Si Cumple </td> </tr> </table>	NORMA MTOP CAPITULO 800 MATERIALES; SECCION 816. SUBBASES DE AGREGADOS ITEM 816-2.	% PERDIDA ≤ 50% Si Cumple																		
% PERDIDA = 41,20%																							
NORMA MTOP CAPITULO 800 MATERIALES; SECCION 816. SUBBASES DE AGREGADOS ITEM 816-2.																							
% PERDIDA ≤ 50% Si Cumple																							
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%; text-align: center;">REALIZADO Y CALCULADO POR:</td> <td style="width: 33%; text-align: center;">REVISADO POR:</td> <td style="width: 33%; text-align: center;">FECHA:</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">LISSETTE CLEMENTE PANCHANA - JAIRO RAMIREZ BAQUERIZO</td> <td style="text-align: center;">Ing. Lucrecia Moreno Alcivar, Mg</td> <td style="text-align: center;">oct-18</td> </tr> </table>		REALIZADO Y CALCULADO POR:	REVISADO POR:	FECHA:	LISSETTE CLEMENTE PANCHANA - JAIRO RAMIREZ BAQUERIZO	Ing. Lucrecia Moreno Alcivar, Mg	oct-18																
REALIZADO Y CALCULADO POR:	REVISADO POR:	FECHA:																					
LISSETTE CLEMENTE PANCHANA - JAIRO RAMIREZ BAQUERIZO	Ing. Lucrecia Moreno Alcivar, Mg	oct-18																					



Anexo F.2 Determinación de la abrasión de los ángulos de la muestra 2 para sub-base.

	FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERIA CARRERA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, HORMIGONES Y ASFALTO																									
INFORME DE RESULTADOS: DETERMINACION DE LA ABRASION DE LOS ANGELES. NORMA ASTM C-131, ASTM C-535																										
PROYECTO: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA ESTABILIZACIÓN DEL MATERIAL DE LA CANTERA "LA NEGRITA" UTILIZANDO CEMENTO, TERRASIL, ZYCOBOND	MUESTRA N°	2																								
	CANTERA	La Negrita																								
	COORDENADAS	9746467 510505,9																								
METODO PARA AGREGADO GRUESO DE TAMAÑO MAYOR A 3/4																										
FORMULA	$\% \text{ DE PERDIDA} = \frac{PI - Pt}{PI}$ PI= Peso antes del ensayo Pt= Peso despues de tamizar por N°12																									
Método :	2	12 N° de Esferas, 1000 N° de Revoluciones, 30 minutos de tiempo de rotación																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #e6f2ff;"> <th colspan="2">TAMIZ</th> <th rowspan="2">PESO ANTES DEL ENSAYO</th> <th rowspan="2">PESO DESPUES POR TAMIZ N° 12 (gr)</th> <th rowspan="2">% DE PERDIDA</th> </tr> <tr style="background-color: #e6f2ff;"> <th>PASA</th> <th>RETIENE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">2"</td> <td style="text-align: center;">1 ½"</td> <td style="text-align: center;">5000 ± 50</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1 ½"</td> <td style="text-align: center;">1"</td> <td style="text-align: center;">5000 ± 25</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr style="border-top: 2px solid black;"> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">10009</td> <td style="text-align: center;">5678</td> <td style="text-align: center;">43,27</td> </tr> </tbody> </table>					TAMIZ		PESO ANTES DEL ENSAYO	PESO DESPUES POR TAMIZ N° 12 (gr)	% DE PERDIDA	PASA	RETIENE	2"	1 ½"	5000 ± 50			1 ½"	1"	5000 ± 25					10009	5678	43,27
TAMIZ		PESO ANTES DEL ENSAYO	PESO DESPUES POR TAMIZ N° 12 (gr)	% DE PERDIDA																						
PASA	RETIENE																									
2"	1 ½"	5000 ± 50																								
1 ½"	1"	5000 ± 25																								
		10009	5678	43,27																						
% PERDIDA = 43,27%		NORMA MTOP CAPITULO 800 MATERIALES; SECCION 816. SUBBASES DE AGREGADOS ITEM 816-2. % PERDIDA ≤ 50% Si Cumple																								
Observaciones :																										
REALIZADO Y CALCULADO POR:		REVISADO POR:		FECHA:																						
LISSETTE CLEMENTE PANCHANA - JAIRO RAMIREZ BAQUERIZO		Ing. Lucrecia Moreno Alcivar, Mg		oct-18																						

Anexo F.3 Determinación de la abrasión de los ángulos de la muestra 1 para base.



	UNIVERSIDAD ESTADAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERIA CARRERA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, HORMIGONES Y ASFALTO																							
INFORME DE RESULTADOS: DETERMINACION DE LA ABRASION DE LOS ANGELES. NORMA ASTM C-131, ASTM C-535																								
PROYECTO: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA ESTABILIZACIÓN DEL MATERIAL DE LA CANTERA "LA NEGRITA" UTILIZANDO CEMENTO, TERRASIL, ZYCOBOND	MUESTRA N°	1																						
	CANTERA	La Negrita																						
	COORDENADAS	9746467 510505,9																						
METODO PARA AGREGADO GRUESO DE TAMAÑO MAYOR A 3/4																								
FORMULA	$\% \text{ DE PERDIDA} = \frac{PI - Pt}{PI}$ PI= Peso antes del ensayo Pt= Peso despues de tamizar por N°12																							
Método :	2	12 N° de Esferas, 1000 N° de Revoluciones, 30 minutos de tiempo de rotación																						
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #e6f2ff;"> <th colspan="2">TAMIZ</th> <th rowspan="2">PESO ANTES DEL ENSAYO</th> <th rowspan="2">PESO DESPUES POR TAMIZ N° 12 (gr)</th> <th rowspan="2">% DE PERDIDA</th> </tr> <tr style="background-color: #e6f2ff;"> <th>PASA</th> <th>RETIENE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">2"</td> <td style="text-align: center;">1 1/2"</td> <td style="text-align: center;">5000 ± 50</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1 1/2"</td> <td style="text-align: center;">1"</td> <td style="text-align: center;">5000 ± 25</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr style="border-top: 2px solid black;"> <td colspan="2"></td> <td style="text-align: center;">10020</td> <td style="text-align: center;">5892</td> <td style="text-align: center;">41,20</td> </tr> </tbody> </table>		TAMIZ		PESO ANTES DEL ENSAYO	PESO DESPUES POR TAMIZ N° 12 (gr)	% DE PERDIDA	PASA	RETIENE	2"	1 1/2"	5000 ± 50			1 1/2"	1"	5000 ± 25					10020	5892	41,20	
TAMIZ		PESO ANTES DEL ENSAYO	PESO DESPUES POR TAMIZ N° 12 (gr)				% DE PERDIDA																	
PASA	RETIENE																							
2"	1 1/2"	5000 ± 50																						
1 1/2"	1"	5000 ± 25																						
		10020	5892	41,20																				
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center; padding: 5px;"> % PERDIDA = 41,20% </td> </tr> </table>		% PERDIDA = 41,20%	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 5px;"> NORMA MTOP CAPITULO 800 MATERIALES; SECCION 814 CAPA DE BASE DE MATERIAL GRANULAR ITEM 814-2.02. </td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;"> % PERDIDA ≤ 40% <b style="color: red;">No Cumple </td> </tr> </table>	NORMA MTOP CAPITULO 800 MATERIALES; SECCION 814 CAPA DE BASE DE MATERIAL GRANULAR ITEM 814-2.02.	% PERDIDA ≤ 40% <b style="color: red;">No Cumple																			
% PERDIDA = 41,20%																								
NORMA MTOP CAPITULO 800 MATERIALES; SECCION 814 CAPA DE BASE DE MATERIAL GRANULAR ITEM 814-2.02.																								
% PERDIDA ≤ 40% <b style="color: red;">No Cumple																								
REALIZADO Y CALCULADO POR: LISSETTE CLEMENTE PANCHANA - JAIRO RAMIREZ BAQUERIZO	REVISADO POR: Ing. Lucrecia Moreno Alcivar, Mg	FECHA: oct-18																						

Anexo F.3 Determinación de la abrasión de los ángulos de la muestra 2 para base.



	FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERIA CARRERA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, HORMIGONES Y ASFALTO																							
INFORME DE RESULTADOS: DETERMINACION DE LA ABRASION DE LOS ANGELES. NORMA ASTM C-131, ASTM C-535																								
PROYECTO: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA ESTABILIZACIÓN DEL MATERIAL DE LA CANTERA "LA NEGRITA" UTILIZANDO CEMENTO, TERRASIL, ZYCOBOND	MUESTRAN°	2																						
	CANTERA	La Negrita																						
	COORDENADAS	9746467 510505,9																						
METODO PARA AGREGADO GRUESO DE TAMAÑO MAYOR A 3/4																								
FORMULA	$\% \text{ DE PERDIDA} = \frac{PI - Pt}{PI}$ <p> PI= Peso antes del ensayo Pt= Peso despues de tamizar por N°12 </p>																							
Método :	2	12 N° de Esferas, 1000 N° de Revoluciones, 30 minutos de tiempo de rotación																						
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #4a7ebb; color: white;"> <th colspan="2">TAMIZ</th> <th rowspan="2">PESO ANTES DEL ENSAYO</th> <th rowspan="2">PESO DESPUES POR TAMIZ N° 12 (gr)</th> <th rowspan="2">% DE PERDIDA</th> </tr> <tr style="background-color: #4a7ebb; color: white;"> <th>PASA</th> <th>RETIENE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">2"</td> <td style="text-align: center;">1 ½"</td> <td style="text-align: center;">5000 ± 50</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1 ½"</td> <td style="text-align: center;">1"</td> <td style="text-align: center;">5000 ± 25</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td style="text-align: center;">10009</td> <td style="text-align: center;">5678</td> <td style="text-align: center;">43,27</td> </tr> </tbody> </table>		TAMIZ		PESO ANTES DEL ENSAYO	PESO DESPUES POR TAMIZ N° 12 (gr)	% DE PERDIDA	PASA	RETIENE	2"	1 ½"	5000 ± 50			1 ½"	1"	5000 ± 25					10009	5678	43,27	
TAMIZ		PESO ANTES DEL ENSAYO	PESO DESPUES POR TAMIZ N° 12 (gr)				% DE PERDIDA																	
PASA	RETIENE																							
2"	1 ½"	5000 ± 50																						
1 ½"	1"	5000 ± 25																						
		10009	5678	43,27																				
% PERDIDA = 43,27%		NORMA MTOP CAPITULO 800 MATERIALES; SECCION 814 CAPA DE BASE DE MATERIAL GRANULAR ITEM 814-2.02. % PERDIDA ≤ 40% <b style="color: red;">No Cumple																						
Observaciones :																								
REALIZADO Y CALCULADO POR: LISSETTE CLEMENTE PANCHANA - JAIRO RAMIREZ BAQUERIZO		REVISADO POR: Ing. Lucrecia Moreno Alcivar, Mg	FECHA: oct-18																					

Anexo F. Ensayo de Permeabilidad.

Anexo F.1 Permeabilidad de carga constante de la muestra 1.



	UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERIA CARRERA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, HORMIGONES Y ASFALTO																					
INFORME DE RESULTADOS: PERMEABILIDAD CARGA CONSTANTE NORMA ASTM D 2434																						
PROYECTO: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA ESTABILIZACIÓN DEL MATERIAL DE LA CANTERA "LA NEGRITA" UTILIZANDO CEMENTO, TERRASIL, ZYCOBOND	MUESTRA N° :	1																				
	CANTERA:	La Negrita																				
	COORDENADAS:	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">NORTE:</td> <td style="text-align: right;">9746467</td> </tr> <tr> <td>ESTE:</td> <td style="text-align: right;">510506</td> </tr> </table>	NORTE:	9746467	ESTE:	510506																
NORTE:	9746467																					
ESTE:	510506																					
DATOS DE LA PROBETA																						
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 50%;">A (cm²)</th> <th style="width: 50%;">L (cm)</th> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">78,06</td> <td style="text-align: center;">12,07</td> </tr> </table>			A (cm ²)	L (cm)	78,06	12,07																
A (cm ²)	L (cm)																					
78,06	12,07																					
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">Tiempo (min)</th> <th style="width: 20%;">Volumen (cm³)</th> <th style="width: 15%;">Δh (cm)</th> <th style="width: 50%;">Permeabilidad K (cm/seg)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">20</td> <td style="text-align: center;">4380,00</td> <td style="text-align: center;">190</td> <td style="text-align: center;">2,97E-03</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">20</td> <td style="text-align: center;">4350,00</td> <td style="text-align: center;">190</td> <td style="text-align: center;">2,95E-03</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">20</td> <td style="text-align: center;">4328,00</td> <td style="text-align: center;">190</td> <td style="text-align: center;">2,94E-03</td> </tr> </tbody> </table>			Tiempo (min)	Volumen (cm ³)	Δh (cm)	Permeabilidad K (cm/seg)	20	4380,00	190	2,97E-03	20	4350,00	190	2,95E-03	20	4328,00	190	2,94E-03				
Tiempo (min)	Volumen (cm ³)	Δh (cm)	Permeabilidad K (cm/seg)																			
20	4380,00	190	2,97E-03																			
20	4350,00	190	2,95E-03																			
20	4328,00	190	2,94E-03																			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">Tiempo (min)</th> <th style="width: 20%;">Volumen (cm³)</th> <th style="width: 15%;">Δh (cm)</th> <th style="width: 50%;">Permeabilidad K (cm/seg)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">20</td> <td style="text-align: center;">4260,00</td> <td style="text-align: center;">190</td> <td style="text-align: center;">2,89E-03</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">20</td> <td style="text-align: center;">4350,00</td> <td style="text-align: center;">190</td> <td style="text-align: center;">2,95E-03</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">20</td> <td style="text-align: center;">4160,00</td> <td style="text-align: center;">190</td> <td style="text-align: center;">2,82E-03</td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;">PERMEABILIDAD (cm/seg) :</td> <td style="text-align: center; background-color: #e0e0e0;">2,92E-03</td> </tr> </tbody> </table>			Tiempo (min)	Volumen (cm ³)	Δh (cm)	Permeabilidad K (cm/seg)	20	4260,00	190	2,89E-03	20	4350,00	190	2,95E-03	20	4160,00	190	2,82E-03	PERMEABILIDAD (cm/seg) :			2,92E-03
Tiempo (min)	Volumen (cm ³)	Δh (cm)	Permeabilidad K (cm/seg)																			
20	4260,00	190	2,89E-03																			
20	4350,00	190	2,95E-03																			
20	4160,00	190	2,82E-03																			
PERMEABILIDAD (cm/seg) :			2,92E-03																			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center; background-color: #e0e0e0;">COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD K (cm/seg)</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">SEGÚN CASAGRANDE Y R. E. FADUM (1940)</td> </tr> <tr> <td style="width: 50%;">DRENAJE:</td> <td style="text-align: center;">BUENO</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center; background-color: #e0e0e0;">TIPO DE SUELO:</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center; height: 40px; vertical-align: middle;">Arenas Limpias y Mezclas Limpias de arena y grava</td> </tr> </table>			COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD K (cm/seg)		SEGÚN CASAGRANDE Y R. E. FADUM (1940)		DRENAJE:	BUENO	TIPO DE SUELO:		Arenas Limpias y Mezclas Limpias de arena y grava											
COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD K (cm/seg)																						
SEGÚN CASAGRANDE Y R. E. FADUM (1940)																						
DRENAJE:	BUENO																					
TIPO DE SUELO:																						
Arenas Limpias y Mezclas Limpias de arena y grava																						
REALIZADO Y CALCULADO POR: LISSETTE CLEMENTE PANCHANA - JAIRO RAMIREZ BAQUERIZO	REVISADO POR: Ing. Lucrecia Moreno Alcivar, Mg	FECHA: Octubre 2018																				

Anexo F.2 Permeabilidad de carga constante de la muestra 2.



	UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERIA CARRERA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, HORMIGONES Y ASFALTO																					
INFORME DE RESULTADOS: PERMEABILIDAD CARGA CONSTANTE NORMA ASTM D 2434																						
PROYECTO: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA ESTABILIZACIÓN DEL MATERIAL DE LA CANTERA "LA NEGRITA" UTILIZANDO CEMENTO, TERRASIL, ZYCOBOND		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>MUESTRA N° :</td> <td style="text-align: center;">2</td> </tr> <tr> <td>CANTERA:</td> <td style="text-align: center;">La Negrita</td> </tr> <tr> <td>COORDENADAS:</td> <td> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">NORTE:</td> <td style="text-align: center;">9746467</td> </tr> <tr> <td>ESTE:</td> <td style="text-align: center;">510506</td> </tr> </table> </td> </tr> </table>	MUESTRA N° :	2	CANTERA:	La Negrita	COORDENADAS:	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">NORTE:</td> <td style="text-align: center;">9746467</td> </tr> <tr> <td>ESTE:</td> <td style="text-align: center;">510506</td> </tr> </table>	NORTE:	9746467	ESTE:	510506										
MUESTRA N° :	2																					
CANTERA:	La Negrita																					
COORDENADAS:	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">NORTE:</td> <td style="text-align: center;">9746467</td> </tr> <tr> <td>ESTE:</td> <td style="text-align: center;">510506</td> </tr> </table>	NORTE:	9746467	ESTE:	510506																	
NORTE:	9746467																					
ESTE:	510506																					
DATOS DE LA PROBETA																						
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">A (cm²)</td> <td style="width: 50%;">L (cm)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">78,1</td> <td style="text-align: center;">12,05</td> </tr> </table>		A (cm²)	L (cm)	78,1	12,05																	
A (cm²)	L (cm)																					
78,1	12,05																					
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 25%;">Tiempo (min)</th> <th style="width: 25%;">Volúmen (cm³)</th> <th style="width: 25%;">Δh (cm)</th> <th style="width: 25%;">Permeabilidad K (cm/seg)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">20</td> <td style="text-align: center;">4400,00</td> <td style="text-align: center;">190</td> <td style="text-align: center;">2,98E-03</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">20</td> <td style="text-align: center;">4370,00</td> <td style="text-align: center;">190</td> <td style="text-align: center;">2,96E-03</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">20</td> <td style="text-align: center;">4348,00</td> <td style="text-align: center;">190</td> <td style="text-align: center;">2,94E-03</td> </tr> </tbody> </table>			Tiempo (min)	Volúmen (cm³)	Δh (cm)	Permeabilidad K (cm/seg)	20	4400,00	190	2,98E-03	20	4370,00	190	2,96E-03	20	4348,00	190	2,94E-03				
Tiempo (min)	Volúmen (cm³)	Δh (cm)	Permeabilidad K (cm/seg)																			
20	4400,00	190	2,98E-03																			
20	4370,00	190	2,96E-03																			
20	4348,00	190	2,94E-03																			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 25%;">Tiempo (min)</th> <th style="width: 25%;">Volúmen (cm³)</th> <th style="width: 25%;">Δh (cm)</th> <th style="width: 25%;">Permeabilidad K (cm/seg)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">20</td> <td style="text-align: center;">4280,00</td> <td style="text-align: center;">190</td> <td style="text-align: center;">2,90E-03</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">20</td> <td style="text-align: center;">4370,00</td> <td style="text-align: center;">190</td> <td style="text-align: center;">2,96E-03</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">20</td> <td style="text-align: center;">4180,00</td> <td style="text-align: center;">190</td> <td style="text-align: center;">2,83E-03</td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;">PERMEABILIDAD (cm/seg) :</td> <td style="text-align: center; background-color: #e0e0e0;">2,93E-03</td> </tr> </tbody> </table>			Tiempo (min)	Volúmen (cm³)	Δh (cm)	Permeabilidad K (cm/seg)	20	4280,00	190	2,90E-03	20	4370,00	190	2,96E-03	20	4180,00	190	2,83E-03	PERMEABILIDAD (cm/seg) :			2,93E-03
Tiempo (min)	Volúmen (cm³)	Δh (cm)	Permeabilidad K (cm/seg)																			
20	4280,00	190	2,90E-03																			
20	4370,00	190	2,96E-03																			
20	4180,00	190	2,83E-03																			
PERMEABILIDAD (cm/seg) :			2,93E-03																			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center; background-color: #e0e0e0;">COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD K (cm/seg)</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">SEGÚN CASAGRANDE Y R. E. FADUM (1940)</td> </tr> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center; background-color: #e0e0e0;">DRENAJE:</td> <td style="text-align: center;">BUENO</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center; background-color: #e0e0e0;">TIPO DE SUELO:</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center; padding: 10px;">Arenas Limpias y Mezclas Limpias de arena y grava</td> </tr> </table>			COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD K (cm/seg)		SEGÚN CASAGRANDE Y R. E. FADUM (1940)		DRENAJE:	BUENO	TIPO DE SUELO:		Arenas Limpias y Mezclas Limpias de arena y grava											
COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD K (cm/seg)																						
SEGÚN CASAGRANDE Y R. E. FADUM (1940)																						
DRENAJE:	BUENO																					
TIPO DE SUELO:																						
Arenas Limpias y Mezclas Limpias de arena y grava																						
REALIZADO Y CALCULADO POR:		REVISADO POR:																				
LISSETTE CLEMENTE PANCHANA - JAIRO RAMIREZ BAQUERIZO		Ing. Lucrecia Moreno Alcivar, Mg																				
		FECHA:																				
		Octubre 2018																				

Anexo G. Ensayo de Gravedad Especifica.



Anexo G.1 Gravedad específica y peso específico de la muestra 1.

	UNIVERSIDAD ESTADAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERIA CARRERA DE INGENIERIA CIVIL																			
DETERMINACIÓN DEL PESO ESPECIFICO DE LOS SUELOS METODO DE PARAFINA METODO DEL PICNOMETRO NORMA ASTM D-854 - SERIE FINA																				
PROYECTO: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA ESTABILIZACIÓN DEL MATERIAL DE LA CANTERA "LA NEGRITA" UTILIZANDO CEMENTO, TERRASIL, ZYCOBOND		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>MUESTRA N° :</td> <td style="text-align: center;">1</td> </tr> <tr> <td>CANTERA:</td> <td style="text-align: center;">La Negrita</td> </tr> <tr> <td>COORDENADAS: NORTE:</td> <td style="text-align: center;">9746467</td> </tr> <tr> <td>ESTE:</td> <td style="text-align: center;">510506</td> </tr> </table>	MUESTRA N° :	1	CANTERA:	La Negrita	COORDENADAS: NORTE:	9746467	ESTE:	510506										
MUESTRA N° :	1																			
CANTERA:	La Negrita																			
COORDENADAS: NORTE:	9746467																			
ESTE:	510506																			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #e1eef6;"> <th colspan="2">Datos del ensayo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Ws =</td> <td style="text-align: center;">140,00 gr</td> </tr> <tr> <td>Frasco + agua Wbw=</td> <td style="text-align: center;">656,00 gr</td> </tr> <tr> <td>Frasco + agua + suelo Wbws=</td> <td style="text-align: center;">704,00 gr</td> </tr> <tr> <td>Temperatura °C =</td> <td style="text-align: center;">27°C</td> </tr> </tbody> </table>		Datos del ensayo		Ws =	140,00 gr	Frasco + agua Wbw=	656,00 gr	Frasco + agua + suelo Wbws=	704,00 gr	Temperatura °C =	27°C	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #e1eef6;"> <th colspan="2">Resultados</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Factor de corrección K</td> <td style="text-align: center;">0,9965</td> </tr> <tr> <td>Gravedad Especifica Gs</td> <td style="text-align: center;">1,52 gr/cm³</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">1,52 Tn/m³</td> </tr> </tbody> </table>	Resultados		Factor de corrección K	0,9965	Gravedad Especifica Gs	1,52 gr/cm ³		1,52 Tn/m ³
Datos del ensayo																				
Ws =	140,00 gr																			
Frasco + agua Wbw=	656,00 gr																			
Frasco + agua + suelo Wbws=	704,00 gr																			
Temperatura °C =	27°C																			
Resultados																				
Factor de corrección K	0,9965																			
Gravedad Especifica Gs	1,52 gr/cm ³																			
	1,52 Tn/m ³																			
METODO DE PARAFINA - SERIE GRUESA																				
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #e1eef6;"> <th colspan="2">Pesos Específicos</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>P. Específico del Agua</td> <td style="text-align: center;">1,00 gr/cm³</td> </tr> <tr> <td>P. Específico de Parafina</td> <td style="text-align: center;">0,92 gr/cm³</td> </tr> </tbody> </table>		Pesos Específicos		P. Específico del Agua	1,00 gr/cm ³	P. Específico de Parafina	0,92 gr/cm ³	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #e1eef6;"> <th colspan="2">Datos</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso Seco del material (gr)</td> <td style="text-align: center;">151</td> </tr> <tr> <td>Peso del material + parafina (gr)</td> <td style="text-align: center;">151</td> </tr> <tr> <td>Material + parafina, sumergido (gr)</td> <td style="text-align: center;">63</td> </tr> </tbody> </table>	Datos		Peso Seco del material (gr)	151	Peso del material + parafina (gr)	151	Material + parafina, sumergido (gr)	63				
Pesos Específicos																				
P. Específico del Agua	1,00 gr/cm ³																			
P. Específico de Parafina	0,92 gr/cm ³																			
Datos																				
Peso Seco del material (gr)	151																			
Peso del material + parafina (gr)	151																			
Material + parafina, sumergido (gr)	63																			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #e1eef6;"> <th colspan="3">RESULTADOS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Volumen total</td> <td></td> <td style="text-align: center;">88,62</td> </tr> <tr> <td>Volumen de la masa</td> <td></td> <td style="text-align: center;">88,0</td> </tr> <tr> <td>Peso Especifico (Ton/m³)</td> <td>Y_d</td> <td style="text-align: center;">1,711</td> </tr> </tbody> </table>			RESULTADOS			Volumen total		88,62	Volumen de la masa		88,0	Peso Especifico (Ton/m ³)	Y _d	1,711						
RESULTADOS																				
Volumen total		88,62																		
Volumen de la masa		88,0																		
Peso Especifico (Ton/m ³)	Y _d	1,711																		
PESO ESPECIFICO DE MATERIAL CONGLOMERADO																				
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #e1eef6;"> <th colspan="2">Granulometria</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Retenido Tamiz N°4</td> <td style="text-align: center;">74,0%</td> </tr> <tr> <td>Pasante Tamiz N°4</td> <td style="text-align: center;">26,0%</td> </tr> </tbody> </table>		Granulometria		Retenido Tamiz N°4	74,0%	Pasante Tamiz N°4	26,0%	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #e1eef6;"> <th colspan="2">Peso Especifico</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Serie Fina</td> <td style="text-align: center;">0,39 Tn/m³</td> </tr> <tr> <td>Serie Gruesa</td> <td style="text-align: center;">1,27 Tn/m³</td> </tr> </tbody> </table>	Peso Especifico		Serie Fina	0,39 Tn/m ³	Serie Gruesa	1,27 Tn/m ³						
Granulometria																				
Retenido Tamiz N°4	74,0%																			
Pasante Tamiz N°4	26,0%																			
Peso Especifico																				
Serie Fina	0,39 Tn/m ³																			
Serie Gruesa	1,27 Tn/m ³																			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">Material Conglomerado (Serie Gruesa y Fina)</td> <td style="text-align: center;">1,66 Tn/m³</td> </tr> </table>		Material Conglomerado (Serie Gruesa y Fina)	1,66 Tn/m³																	
Material Conglomerado (Serie Gruesa y Fina)	1,66 Tn/m³																			
Observaciones:																				
REALIZADO Y CALCULADO POR: LISSETTE CLEMENTE PANCHANA - JAIRO RAMIREZ BAQUERIZO	REVISADO POR: Ing. Lucrecia Moreno Alcivar, Mg	FECHA: Octubre 2018																		

Anexo G.1 Gravedad específica y peso específico de la muestra 1.



	UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERIA CARRERA DE INGENIERIA CIVIL									
DETERMINACIÓN DEL PESO ESPECIFICO DE LOS SUELOS METODO DE PARAFINA METODO DEL PICNOMETRO NORMA ASTM D-854 - SERIE FINA										
PROYECTO: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA ESTABILIZACIÓN DEL MATERIAL DE LA CANTERA "LA NEGRITA" UTILIZANDO CEMENTO, TERRASIL, ZYCOBOND		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>MUESTRA N° :</td> <td style="text-align: center;">1</td> </tr> <tr> <td>CANTERA:</td> <td style="text-align: center;">La Negra</td> </tr> <tr> <td>COORDENADAS:</td> <td>NORTE: 9746467</td> </tr> <tr> <td></td> <td>ESTE: 510506</td> </tr> </table>	MUESTRA N° :	1	CANTERA:	La Negra	COORDENADAS:	NORTE: 9746467		ESTE: 510506
MUESTRA N° :	1									
CANTERA:	La Negra									
COORDENADAS:	NORTE: 9746467									
	ESTE: 510506									
Datos del ensayo		Resultados								
Ws =	140,00 gr	Factor de corrección K	0,9968							
Frasco + agua Wbw=	656,00 gr	Gravedad Especifica Gs	1,48 gr/cm ³							
Frasco + agua + suelo Wbws=	702,00 gr		1,48 Tn/m ³							
Temperatura °C =	26°C									
METODO DE PARAFINA - SERIE GRUESA										
Pesos Específicos		Datos								
P. Especifico del Agua	1,00 gr/cm ³	Peso Seco del material (gr)	151							
P. Especifico de Parafina	0,92 gr/cm ³	Peso del material + parafina (gr)	151							
		Material + parafina, sumergido (gr)	63							
RESULTADOS										
Volumen total		88,67								
Volumen de la masa		88,1								
Peso Especifico (Ton/m ³)	γ _d	1,710								
PESO ESPECIFICO DE MATERIAL CONGLOMERADO										
Granulometria		Peso Especifico								
Retenido Tamiz N°4	74,0%	Serie Fina	0,39 Tn/m ³							
Pasante Tamiz N°4	26,0%	Serie Gruesa	1,27 Tn/m ³							
Material Conglomerado (Serie Gruesa y Fina)			1,65 Tn/m³							
Observaciones:										
REALIZADO Y CALCULADO POR:		REVISADO POR:	FECHA:							
LISSETTE CLEMENTE PANCHANA - JAIRO RAMIREZ BAQUERIZO		Ing. Lucrecia Moreno Alcivar, Mg	Octubre 2018							

Anexo H.2 Expansión controlada de la muestra 1.

	<p>UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERIA CARRERA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, HORMIGONES Y ASFALTO</p>	
<p>DETERMINACION DE EXPANSION DE LOS SUELOS</p>		
<p>PROYECTO: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA ESTABILIZACIÓN DEL MATERIAL DE LA CANTERA "LA NEGRITA" UTILIZANDO CEMENTO, TERRASIL, ZYCOBOND</p>	<p>MUESTRA N°</p>	<p>1</p>
	<p>CANTERA</p>	<p>LA NEGRITA</p>
	<p>COORDENADAS</p>	<p>9746467 510506</p>
<p>ENSAYO DE EXPANSIÓN CONTROLADA</p>		
<p>ANTES DEL ENSAYO</p>	<p>DESPUES DEL ENSAYO</p>	
<p>Wh + Anillo = 263,37 - Anillo = 178,51 Wh = 84,86 Ws = 54,13 P.agua Ww = 30,73 w= Ww / Ws= 56,77 % W i = 56,77 %</p>	<p>Wh + Rec = 118,90 Ws + Rec = 89,20 - Rec = 35,07 Wh = 83,83 Ws = 54,13 P.agua Ww = 29,70 w= Ww / W: 54,87 % W f = 54,87 %</p>	
<p>Esfuerzo Expansivo = $\frac{0,09 \times 10}{20,18} = 0,045 \text{ Kg/cm}^2$</p>		
<p>Observaciones: _____ _____</p>		
<p>REALIZADO Y CALCULADO POR:</p>	<p>REALIZADO POR:</p>	<p>FECHA:</p>
<p>LISSETTE CLEMENTE PANCHANA - JAIRO RAMIREZ BAQUERIZO</p>	<p>Ing. Lucrecia Moreno Alcivar, Mg</p>	<p>oct-18</p>



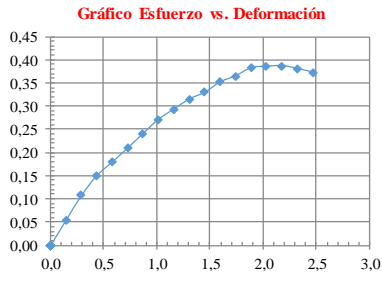
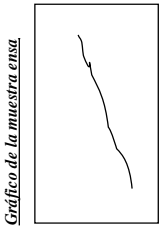
Anexo I. Ensayo de Degaste a los Sulfatos.

Anexo I.1 Durabilidad de los agregados a la acción del sulfato de magnesio de la muestra 1.

	UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERIA CARRERA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, HORMIGONES Y ASFALTO																																																																																													
INFORME DE RESULTADOS: DURABILIDAD DE LOS AGREGADOS A LA ACCIÓN DEL SULFATO DE SODIO Ó SULFATO DE MAGNESIO. NORMA ASTM C-88																																																																																														
PROYECTO: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA ESTABILIZACIÓN DEL MATERIAL DE LA CANTERA "LA NEGRITA" UTILIZANDO CEMENTO, TERRASIL, ZYCOBOND	MUESTRA N°	1																																																																																												
	CANTERA	LA NEGRITA																																																																																												
	COORDENADAS	NORTE 9746467 ESTE 510506																																																																																												
Solución empleada:	SULFATO DE MAGNESIO	Selección método																																																																																												
		Fracción 2																																																																																												
FORMULA Y NOMENCLATURA																																																																																														
$E = \frac{D \cdot A}{100}$ $D = \frac{B - C}{B} * 100$	% Retenido Parcial Original = Valor correspondiente a la granulometría original de material Masa antes = Masa del material antes del ensayo Masa después = Masa del material después del ensayo % Pasante Después = % que pasa el tamiz mas fino después del ensayo % Degaste Total = Suma de % de Degastes Parciales																																																																																													
SERIE FINA																																																																																														
Granulometría	Muestra para Ensayo																																																																																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Tamiz ASTM</th> <th rowspan="2">% Retenido parcial</th> </tr> <tr> <th>Pasa</th> <th>Retiene</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>3/8 "</td><td># 4</td><td></td></tr> <tr><td># 4</td><td># 8</td><td></td></tr> <tr><td># 8</td><td># 16</td><td></td></tr> <tr><td># 16</td><td># 30</td><td></td></tr> <tr><td># 30</td><td># 50</td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	Tamiz ASTM		% Retenido parcial	Pasa	Retiene	3/8 "	# 4		# 4	# 8		# 8	# 16		# 16	# 30		# 30	# 50														<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="5">Muestra para Ensayo</th> </tr> <tr> <th colspan="3">Masa de Material requerido de acuerdo a norma</th> <th colspan="2">Resultados finales del ensayo</th> </tr> <tr> <th>Tamiz</th> <th>Especificado</th> <th>Usado</th> <th>Tamizado por</th> <th>Masa Ret.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>3/8" - #4</td><td>100</td><td>100</td><td># 4</td><td>0,5</td></tr> <tr><td># 4 - # 8</td><td>100</td><td>100</td><td># 8</td><td>5,7</td></tr> <tr><td># 8 - # 16</td><td>100</td><td>100</td><td># 16</td><td>10,6</td></tr> <tr><td># 16 - # 30</td><td>100</td><td>100</td><td># 30</td><td>10,1</td></tr> <tr><td># 30 - #50</td><td>100</td><td>100</td><td># 50</td><td>32</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>		Muestra para Ensayo					Masa de Material requerido de acuerdo a norma			Resultados finales del ensayo		Tamiz	Especificado	Usado	Tamizado por	Masa Ret.	3/8" - #4	100	100	# 4	0,5	# 4 - # 8	100	100	# 8	5,7	# 8 - # 16	100	100	# 16	10,6	# 16 - # 30	100	100	# 30	10,1	# 30 - #50	100	100	# 50	32																				
Tamiz ASTM		% Retenido parcial																																																																																												
Pasa	Retiene																																																																																													
3/8 "	# 4																																																																																													
# 4	# 8																																																																																													
# 8	# 16																																																																																													
# 16	# 30																																																																																													
# 30	# 50																																																																																													
Muestra para Ensayo																																																																																														
Masa de Material requerido de acuerdo a norma			Resultados finales del ensayo																																																																																											
Tamiz	Especificado	Usado	Tamizado por	Masa Ret.																																																																																										
3/8" - #4	100	100	# 4	0,5																																																																																										
# 4 - # 8	100	100	# 8	5,7																																																																																										
# 8 - # 16	100	100	# 16	10,6																																																																																										
# 16 - # 30	100	100	# 30	10,1																																																																																										
# 30 - #50	100	100	# 50	32																																																																																										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Tamiz ASTM</th> <th rowspan="2">% Retenido</th> <th rowspan="2">Masa antes (B)</th> <th rowspan="2">Masa después (C)</th> <th rowspan="2">% Pasante después (D)</th> <th rowspan="2">% Degaste</th> </tr> <tr> <th>Pasa</th> <th>Retiene</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>3/8 "</td><td># 4</td><td></td><td>100</td><td>0,5</td><td>99,50</td><td>1,00</td></tr> <tr><td># 4</td><td># 8</td><td></td><td>100</td><td>5,7</td><td>94,30</td><td>0,94</td></tr> <tr><td># 8</td><td># 16</td><td></td><td>100</td><td>10,6</td><td>89,40</td><td>0,89</td></tr> <tr><td># 16</td><td># 30</td><td></td><td>100</td><td>10,1</td><td>89,90</td><td>0,90</td></tr> <tr><td># 30</td><td># 50</td><td></td><td>100</td><td>32</td><td>68,00</td><td>0,68</td></tr> </tbody> </table>	Tamiz ASTM		% Retenido	Masa antes (B)	Masa después (C)	% Pasante después (D)	% Degaste	Pasa	Retiene	3/8 "	# 4		100	0,5	99,50	1,00	# 4	# 8		100	5,7	94,30	0,94	# 8	# 16		100	10,6	89,40	0,89	# 16	# 30		100	10,1	89,90	0,90	# 30	# 50		100	32	68,00	0,68	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="background-color: #e1f5fe; padding: 5px;"> % Degaste Total = 88,22 </td> <td style="background-color: #e1f5fe; padding: 5px;"> NORMA NEVI 12 CAPITULO 800 MATERIALES SECCION 811 AGREGADOS PARA MEZCLAS BITUMINOSAS ITEM 811-4.01. % Degaste Total ≤ 18% con Sulfato de Magnesio No Cumple </td> </tr> </table>		% Degaste Total = 88,22	NORMA NEVI 12 CAPITULO 800 MATERIALES SECCION 811 AGREGADOS PARA MEZCLAS BITUMINOSAS ITEM 811-4.01. % Degaste Total ≤ 18% con Sulfato de Magnesio No Cumple																																														
Tamiz ASTM		% Retenido						Masa antes (B)	Masa después (C)	% Pasante después (D)	% Degaste																																																																																			
Pasa	Retiene																																																																																													
3/8 "	# 4		100	0,5	99,50	1,00																																																																																								
# 4	# 8		100	5,7	94,30	0,94																																																																																								
# 8	# 16		100	10,6	89,40	0,89																																																																																								
# 16	# 30		100	10,1	89,90	0,90																																																																																								
# 30	# 50		100	32	68,00	0,68																																																																																								
% Degaste Total = 88,22	NORMA NEVI 12 CAPITULO 800 MATERIALES SECCION 811 AGREGADOS PARA MEZCLAS BITUMINOSAS ITEM 811-4.01. % Degaste Total ≤ 18% con Sulfato de Magnesio No Cumple																																																																																													
Observaciones:																																																																																														
REALIZADO Y CALCULADO POR:	REALIZADO POR:	FECHA:																																																																																												
LISSETTE CLEMENTE PANCHANA - JAIRO RAMIREZ BAQUERIZO	Ing. Lucrecia Moreno Alcivar, Mg	OCTUBRE, 2018																																																																																												

Anexo J. Ensayo de Compresión Simple.

Anexo J.1 Compresión simple de la muestra 1.

	UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERIA CARRERA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, HORMIGONES Y ASFALTO																																																																																																																											
Determinación de compresion simple																																																																																																																												
PROYECTO: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA ESTABILIZACIÓN DEL MATERIAL DE LA CANTERA “LA NEGRITA” UTILIZANDO CEMENTO, TERRASIL, ZYCOBOND		<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>MUESTRA N°</td> <td style="text-align: center;">1</td> </tr> <tr> <td>CANTERA</td> <td>LA NEGRITA</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">COORDENADAS:</td> <td>NORTE:</td> </tr> <tr> <td>ESTE:</td> </tr> </table>	MUESTRA N°	1	CANTERA	LA NEGRITA	COORDENADAS:	NORTE:	ESTE:																																																																																																																			
MUESTRA N°	1																																																																																																																											
CANTERA	LA NEGRITA																																																																																																																											
COORDENADAS:	NORTE:																																																																																																																											
	ESTE:																																																																																																																											
CONTENIDO DE HUMEDAD INICIAL	Recipiente P1	Anillo de Carga : 2554 (kgf) Unidad : kgf	Velocidad de 1,80 mm/min																																																																																																																									
	Masa Humeda + Recipiente	250,40	Constantes de Calibración $y = mx + b$ $m = 0,199$ $b = 0$																																																																																																																									
	Masa Seca + Recipiente	230,35																																																																																																																										
	Masa Recipiente	16,89	Unidad de medida del dial de deformación mm x 10 ⁻³																																																																																																																									
% Humedad	9,39																																																																																																																											
	Humedad Promedio	9,39																																																																																																																										
Deformación Unitaria $e = (DL \div L) \times 100$	Área Corregida $A_c = A_i \div (1 - e)$	Esfuerzo Desviador $s = P \div A_c$	Factor de Corrección $c = 0.88 + 0.24 \times (D \div h)$	Esfuerzo Desviador Corregido $s_1 = s \times c$																																																																																																																								
<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th>Lectura Dial Deformación (DL)</th> <th>Lectura Dial de Carga</th> <th>Carga P (kg)</th> <th>Deformación Unitaria (e)</th> <th>Área Corregida (cm²)</th> <th>Esfuerzo Desviador (kg/cm²)</th> <th>Esfuerzo Desviador Corregido (kg/cm²)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0,000</td><td>0,00</td><td>20,43</td><td>0,00</td><td>0,00</td></tr> <tr><td>10</td><td>101,8</td><td>101,800</td><td>0,10</td><td>20,45</td><td>4,98</td><td>4,98</td></tr> <tr><td>20</td><td>201,5</td><td>201,500</td><td>0,20</td><td>20,47</td><td>9,84</td><td>9,84</td></tr> <tr><td>30</td><td>299,5</td><td>299,500</td><td>0,29</td><td>20,49</td><td>14,62</td><td>14,62</td></tr> <tr><td>40</td><td>392,6</td><td>392,600</td><td>0,39</td><td>20,51</td><td>19,14</td><td>19,14</td></tr> <tr><td>50</td><td>487,4</td><td>487,400</td><td>0,49</td><td>20,53</td><td>23,74</td><td>23,74</td></tr> <tr><td>60</td><td>579,2</td><td>579,200</td><td>0,59</td><td>20,55</td><td>28,19</td><td>28,18</td></tr> <tr><td>70</td><td>667,8</td><td>667,800</td><td>0,69</td><td>20,57</td><td>32,47</td><td>32,46</td></tr> <tr><td>80</td><td>756,0</td><td>756,000</td><td>0,78</td><td>20,59</td><td>36,72</td><td>36,72</td></tr> <tr><td>90</td><td>843,0</td><td>843,000</td><td>0,88</td><td>20,61</td><td>40,90</td><td>40,90</td></tr> <tr><td>100</td><td>934,60</td><td>934,600</td><td>0,98</td><td>20,63</td><td>45,30</td><td>45,30</td></tr> </tbody> </table>	Lectura Dial Deformación (DL)	Lectura Dial de Carga	Carga P (kg)	Deformación Unitaria (e)	Área Corregida (cm²)	Esfuerzo Desviador (kg/cm²)	Esfuerzo Desviador Corregido (kg/cm²)	0	0	0,000	0,00	20,43	0,00	0,00	10	101,8	101,800	0,10	20,45	4,98	4,98	20	201,5	201,500	0,20	20,47	9,84	9,84	30	299,5	299,500	0,29	20,49	14,62	14,62	40	392,6	392,600	0,39	20,51	19,14	19,14	50	487,4	487,400	0,49	20,53	23,74	23,74	60	579,2	579,200	0,59	20,55	28,19	28,18	70	667,8	667,800	0,69	20,57	32,47	32,46	80	756,0	756,000	0,78	20,59	36,72	36,72	90	843,0	843,000	0,88	20,61	40,90	40,90	100	934,60	934,600	0,98	20,63	45,30	45,30	<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th colspan="3">DATOS DE LA PROBETA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="4">DÍAMETRO Ø (cm)</td> <td>Superior</td> <td>5,100</td> </tr> <tr> <td>Centro</td> <td>5,100</td> </tr> <tr> <td>Inferior</td> <td>5,100</td> </tr> <tr> <td>Ø) Promedio</td> <td>5,100</td> </tr> <tr> <td rowspan="4">ALTURA (cm)</td> <td>Superior</td> <td>10,205</td> </tr> <tr> <td>Centro</td> <td>10,205</td> </tr> <tr> <td>Inferior</td> <td>10,205</td> </tr> <tr> <td>L) Promedio</td> <td>10,205</td> </tr> <tr> <td colspan="3">Relación altura/diámetro = 2,00</td> </tr> <tr> <td colspan="3">Área inicial (A) cm² 20,43</td> </tr> <tr> <td colspan="3">Volumen (cm³) 208,47</td> </tr> <tr> <td colspan="3">Peso (gr) 370,20</td> </tr> <tr> <td colspan="3">Densidad Húmeda (kg/m³) 1776</td> </tr> <tr> <td colspan="3">Densidad Seca (kg/m³) 1623</td> </tr> </tbody> </table>	DATOS DE LA PROBETA			DÍAMETRO Ø (cm)	Superior	5,100	Centro	5,100	Inferior	5,100	Ø) Promedio	5,100	ALTURA (cm)	Superior	10,205	Centro	10,205	Inferior	10,205	L) Promedio	10,205	Relación altura/diámetro = 2,00			Área inicial (A) cm² 20,43			Volumen (cm³) 208,47			Peso (gr) 370,20			Densidad Húmeda (kg/m³) 1776			Densidad Seca (kg/m³) 1623		
Lectura Dial Deformación (DL)	Lectura Dial de Carga	Carga P (kg)	Deformación Unitaria (e)	Área Corregida (cm²)	Esfuerzo Desviador (kg/cm²)	Esfuerzo Desviador Corregido (kg/cm²)																																																																																																																						
0	0	0,000	0,00	20,43	0,00	0,00																																																																																																																						
10	101,8	101,800	0,10	20,45	4,98	4,98																																																																																																																						
20	201,5	201,500	0,20	20,47	9,84	9,84																																																																																																																						
30	299,5	299,500	0,29	20,49	14,62	14,62																																																																																																																						
40	392,6	392,600	0,39	20,51	19,14	19,14																																																																																																																						
50	487,4	487,400	0,49	20,53	23,74	23,74																																																																																																																						
60	579,2	579,200	0,59	20,55	28,19	28,18																																																																																																																						
70	667,8	667,800	0,69	20,57	32,47	32,46																																																																																																																						
80	756,0	756,000	0,78	20,59	36,72	36,72																																																																																																																						
90	843,0	843,000	0,88	20,61	40,90	40,90																																																																																																																						
100	934,60	934,600	0,98	20,63	45,30	45,30																																																																																																																						
DATOS DE LA PROBETA																																																																																																																												
DÍAMETRO Ø (cm)	Superior	5,100																																																																																																																										
	Centro	5,100																																																																																																																										
	Inferior	5,100																																																																																																																										
	Ø) Promedio	5,100																																																																																																																										
ALTURA (cm)	Superior	10,205																																																																																																																										
	Centro	10,205																																																																																																																										
	Inferior	10,205																																																																																																																										
	L) Promedio	10,205																																																																																																																										
Relación altura/diámetro = 2,00																																																																																																																												
Área inicial (A) cm² 20,43																																																																																																																												
Volumen (cm³) 208,47																																																																																																																												
Peso (gr) 370,20																																																																																																																												
Densidad Húmeda (kg/m³) 1776																																																																																																																												
Densidad Seca (kg/m³) 1623																																																																																																																												
OBSERVACIONES: NORMA REF. ASTM D-2166		 <p style="text-align: center;">Gráfico Esfuerzo vs. Deformación</p>  <p style="text-align: center;">Gráfico de la muestra ensa</p> <p style="text-align: right;">Módulo Elástico 4623</p>																																																																																																																										
<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th colspan="2">RESULTADOS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>$q_u = 45,30$</td> <td>kg/cm²</td> </tr> <tr> <td>$\epsilon = 0,98$</td> <td>%</td> </tr> </tbody> </table>		RESULTADOS		$q_u = 45,30$	kg/cm²	$\epsilon = 0,98$	%																																																																																																																					
RESULTADOS																																																																																																																												
$q_u = 45,30$	kg/cm²																																																																																																																											
$\epsilon = 0,98$	%																																																																																																																											
REALIZADO Y CALCULADO POR: LISSET E CLEMENT E PANCHANA - JAIRO RAMIREZ BAQUERIZO	REVISADO POR: Ing. Lucrecia Moreno Alcivar, Mg	FECHA: Octubre,2018																																																																																																																										

Anexo K. Dosificaciones para probetas de suelo-estabilizante.

Anexo K.1 Suelo + 5% de cemento.

5 % Cemento					
CEMENTO	5,0%	TERRASIL	0,00 Kg/m ³	ZYCOBOND	0,00 Kg/m ³
PESO DE SUELO	=	88000 gr			
HUMEDAD OPTIMA	=	28,6%			
R ABSORCION DEL CEM		2,0%			
HUMEDAD NATURAL	=	17,04%			
CEMENTO	=	5,0%			
TERRASIL	=	0,00 Kg/m ³			
ZYCOBOND	=	0,00 Kg/m ³			
DENSIDAD SECA MAX	=	1394 Kg/m ³			
DOSIFICACION					
ZYCOBOND					
PESO DE SUELO	X	ZYCOBOND	=	88 Kg	x 0,00 = 0,00 gr
DENSIDAD SECA MAX				1394 Kg/m ³	
TERRASIL					
PESO DE SUELO	X	TERRASIL	=	88 Kg	x 0,00 = 0,00 gr
DENSIDAD SECA MAX				1394 Kg/m ³	
CEMENTO					
88000 gr	*	5,0%	=	4400 gr	
AGUA					
92400 gr	*	13,5%	=	12502 gr	
SUELO		88000 gr			
ZYCONBOND		0,00 gr			
TERRASIL		0,00 gr			
CEMENTO		4400 gr			
AGUA		12502 ml			

Anexo K.2 Suelo + 7% de cemento.

7% Cemento					
CEMENTO	7,0%	TERRASIL	0,00 Kg/m ³	ZYCOBOND	0,00 Kg/m ³
PESO DE SUELO	=	88000	gr		
HUMEDAD OPTIMA	=	28,6%			
R ABSORCION DEL CEM		2,0%			
HUMEDAD NATURAL	=	17,04%			
CEMENTO	=	7,0%			
TERRASIL	=	0,00	Kg/m ³		
ZYCOBOND	=	0,00	Kg/m ³		
DENSIDAD SECA MAX	=	1394	Kg/m ³		
DOSIFICACION					
ZYCOBOND					
PESO DE SUELO	X	ZYCOBOND	=	88	Kg
				x	0,00
				=	0,00 gr
DENSIDAD SECA MAX				1394	Kg/m ³
TERRASIL					
PESO DE SUELO	X	TERRASIL	=	88	Kg
				x	0,00
				=	0,00 gr
DENSIDAD SECA MAX				1394	Kg/m ³
CEMENTO					
88000	gr	*	7,0%	=	6160 gr
AGUA					
94160	gr	*	13,5%	=	12740 gr
SUELO		88000	gr		
ZYCONBOND		0,00	gr		
TERRASIL		0,00	gr		
CEMENTO		6160	gr		
AGUA		12740	ml		

Anexo K.3 Suelo + 9% de cemento.

9% Cemento					
CEMENTO	9,0%	TERRASIL	0,00 Kg/m ³	ZYCOBOND	0,00 Kg/m ³
PESO DE SUELO	=	88000	gr		
HUMEDAD OPTIMA	=	28,6%			
R ABSORCION DEL CEM		2,0%			
HUMEDAD NATURAL	=	17,04%			
CEMENTO	=	9,0%			
TERRASIL	=	0,00	Kg/m ³		
ZYCOBOND	=	0,00	Kg/m ³		
DENSIDAD SECA MAX	=	1394	Kg/m ³		
DOSIFICACION					
ZYCOBOND					
PESO DE SUELO	X	ZYCOBOND	=	88	Kg
				x	0,00
				=	0,00 gr
DENSIDAD SECA MAX				1394	Kg/m ³
TERRASIL					
PESO DE SUELO	X	TERRASIL	=	88	Kg
				x	0,00
				=	0,00 gr
DENSIDAD SECA MAX				1394	Kg/m ³
CEMENTO					
88000	gr	*	9,0%	=	7920 gr
AGUA					
95920	gr	*	13,5%	=	12978 gr
SUELO		88000	gr		
ZYCONBOND		0,00	gr		
TERRASIL		0,00	gr		
CEMENTO		7920	gr		
AGUA		12978	ml		

Anexo K.4 Suelo + 1,5 Kg/m³ Terrasil.

1,5 Kg/m ³ Terrasil					
CEMENTO	TERRASIL	1,50 Kg/m ³	ZYCOBOND	0,00	Kg/m ³
PESO DE SUELO	=	66000 gr			
HUMEDAD OPTIMA	=	28,6%			
R ABSORCION DEL CEM		2,0%			
HUMEDAD NATURAL	=	17,04%			
CEMENTO	=	0,0%			
TERRASIL	=	1,50 Kg/m ³			
ZYCOBOND	=	0,00 Kg/m ³			
DENSIDAD SECA MAX	=	1394 Kg/m ³			
DOSIFICACION					
ZYCOBOND					
PESO DE SUELO	X	ZYCOBOND	=	66 Kg	x 0,00 = 0,00 gr
DENSIDAD SECA MAX				1394 Kg/m ³	
TERRASIL					
PESO DE SUELO	X	TERRASIL	=	66 Kg	x 1,50 = 71,02 gr
DENSIDAD SECA MAX				1394 Kg/m ³	
CEMENTO					
66000 gr	*	0,0%	=	0 gr	
AGUA					
66000 gr	*	13,5%	=	8929,8 gr	
SUELO		66000 gr			
ZYCONBOND		0,00 gr			
TERRASIL		71,02 gr			
CEMENTO		0 gr			
AGUA		8930 ml			

Anexo K.5 Suelo + 2% de cemento + 0,75 Kg/m³ Terrasil.

2% Cemento + 0,75 Kg/m ³ Terrasil						
CEMENTO	2,0%	TERRASIL	0,75 Kg/m ³	ZYCOBOND	0,00	Kg/m ³
PESO DE SUELO	=	66000	gr			
HUMEDAD OPTIMA	=	28,6%				
R ABSORCION DEL CEM		2,0%				
HUMEDAD NATURAL	=	17,04%				
CEMENTO	=	2,0%				
TERRASIL	=	0,75	Kg/m ³			
ZYCOBOND	=	0,00	Kg/m ³			
DENSIDAD SECA MAX	=	1394	Kg/m ³			
DOSIFICACION						
ZYCOBOND						
PESO DE SUELO	X	ZYCOBOND	=	66	Kg	x 0,00 = 0,00 gr
DENSIDAD SECA MAX				1394	Kg/m ³	
TERRASIL						
PESO DE SUELO	X	TERRASIL	=	66	Kg	x 0,75 = 35,51 gr
DENSIDAD SECA MAX				1394	Kg/m ³	
CEMENTO						
66000 gr	*	2,0%	=	1320	gr	
AGUA						
67320 gr	*	13,5%	=	9108,4	gr	
SUELO		66000	gr			
ZYCONBOND		0,00	gr			
TERRASIL		35,51	gr			
CEMENTO		1320	gr			
AGUA		9108	ml			

Anexo K.6 Suelo + 2% de cemento + 0,3 Kg/m³ Terrasil + 0,75 Kg/m³ Zycobond.

2% Cemento+ 0,3Kg/m ³ Terrasil +0,75 Kg/m ³ Zycobond			
CEMENTO	1,0%	TERRASIL	0,30 Kg/m ³
ZYCOBOND	0,75		Kg/m ³
PESO DE SUELO	=	66000	gr
HUMEDAD OPTIMA	=	28,6%	
R ABSORCION DEL CEM		2,0%	
HUMEDAD NATURAL	=	17,04%	
CEMENTO	=	1,0%	
TERRASIL	=	0,30	Kg/m ³
ZYCOBOND	=	0,75	Kg/m ³
DENSIDAD SECA MAX	=	1394	Kg/m ³
DOSIFICACION			
ZYCOBOND			
PESO DE SUELO	X	ZYCOBOND	= 66 Kg x 0,75 = 35,51 gr
DENSIDAD SECA MAX		1394	Kg/m ³
TERRASIL			
PESO DE SUELO	X	TERRASIL	= 66 Kg x 0,30 = 14,20 gr
DENSIDAD SECA MAX		1394	Kg/m ³
CEMENTO			
66000 gr	*	1,0%	= 660 gr
AGUA			
66660 gr	*	13,5%	= 9019,1 gr
SUELO		66000	gr
ZYCONBOND		35,51	gr
TERRASIL		14,20	gr
CEMENTO		660	gr
AGUA		9019	ml

Anexo L. Ensayos de la Espol.

Anexo L.1 Ensayo de microscopía electrónica de barrido.

Laboratorio de Ensayos
Metrológicos y de
Materiales
LEMAT-ESPOL



INFORME DE ENSAYOS/

CERTIFICADO DE
CALIBRACIÓN

Edición: 5

Hoja: 2 de 11

Fecha de emisión: 19/11/2018

Nº Informe: 18-322

Número de Orden: OT-1653-18

FOTOGRAFÍA DE MUESTRA PARA ENSAYO DE MICROSCOPIA ELECTRÓNICA DE BARRIDO



Imagen 1. Muestra ensayada. Roca.

Observaciones:

Las muestras y la información de las mismas fueron proporcionadas por el cliente.

NOTA: Las opiniones, Interpretaciones, inspecciones, etc., que se indiquen en este informe se encuentra fuera del alcance de acreditación del SAE.

LOS RESULTADOS DECLARADOS EN ESTE INFORME SE REFIEREN ÚNICAMENTE A LOS OBJETOS ENSAYADOS O CALIBRADOS.

Se prohíbe la reproducción total o parcial del presente Informe, salvo aprobación escrita del LEMAT.

Guayaquil, Campus "Gustavo Galindo" Km. 10,5 vía perimetral, contiguo a la Cda. Santa Cecilia.

Fax: (593-4)2269293 - Teléfono: 2269373

E-mail: lemat@espol.edu.ec

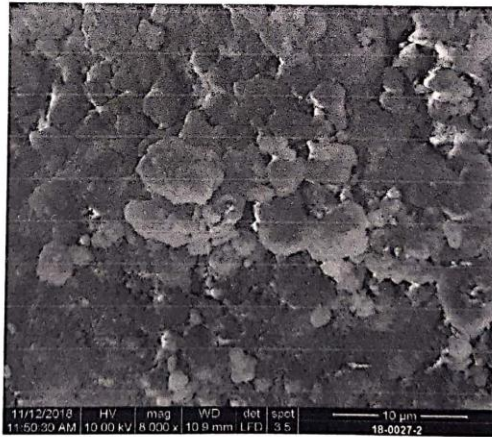
MC2201-05

Scanned by CamScanner

RESULTADOS DE MICROSCOPIA ELECTRÓNICA DE BARRIDO - SEM



Fotografía 1. Microestructura de la submuestra 18-0027-1. Escala 5 µm.



Fotografía 2. Microestructura de la submuestra 18-0027-2. Escala 10 µm.

Observaciones:

Las muestras y la información de las mismas fueron proporcionadas por el cliente.

NOTA: Las opiniones, interpretaciones, inspecciones, etc., que se indiquen en este informe se encuentra fuera del alcance de acreditación del SAE.

LOS RESULTADOS DECLARADOS EN ESTE INFORME SE REFIEREN ÚNICAMENTE A LOS OBJETOS ENSAYADOS O CALIBRADOS.

Se prohíbe la reproducción total o parcial del presente informe, salvo aprobación escrita del LEMAT.

Guayaquil, Campus "Gustavo Galindo" Km. 30.5 vía perimetral, contiguo a la Cda. Santa Cecilia.

Fax: (593-4)2269293 - Teléfono: 2269375

E-mail: lemat@espol.edu.ec

MC2201-05

Hoja: 4 de 11
Nº Informe: 18-322

Fecha de emisión: 19/11/2018
Número de Orden: OT-1653-18

RESULTADOS DE MICROSCOPIA ELECTRÓNICA DE BARRIDO - SEM



Fotografía 3. Microestructura de la submuestra 18-0027-3. Escala 10 µm.

Observaciones:

Las muestras y la información de las mismas fueron proporcionadas por el cliente.

NOTA: Las opiniones, interpretaciones, inspecciones, etc., que se indiquen en este informe se encuentra fuera del alcance de acreditación del SAE.

LOS RESULTADOS DECLARADOS EN ESTE INFORME SE REFIEREN ÚNICAMENTE A LOS OBJETOS ENSAYADOS O CALIBRADOS.

Se prohíbe la reproducción total o parcial del presente informe, salvo aprobación escrita del LEMAT.

Guayaquil, Campus "Guatavo Galindo" Km. 30.5 vía perimetral, contiguo a la Cda. Santa Cecilia.

Fax: (593-4)2269293 - Teléfono: 2269375

E-mail: lemat@espol.edu.ec

MC2201-05

Scanned by CamScanner

Anexo L.1 Ensayo de análisis semicuantitativo SEM-EDS.

Laboratorio de Ensayos
Metrológicos y de
Materiales
LEMAT-ESPOL



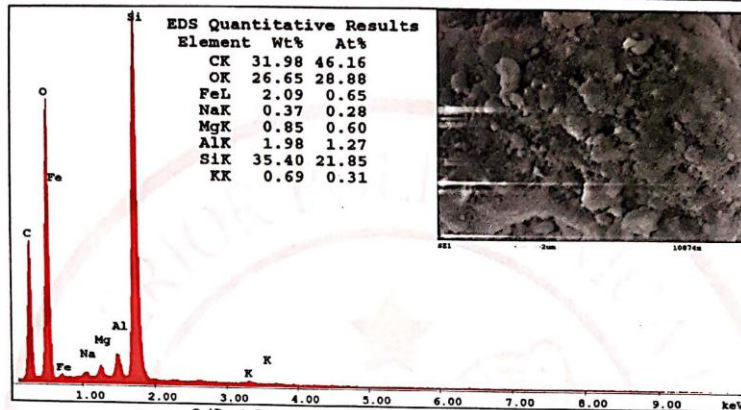
INFORME DE ENSAYOS/
CERTIFICADO DE
CALIBRACIÓN

Edición: 5

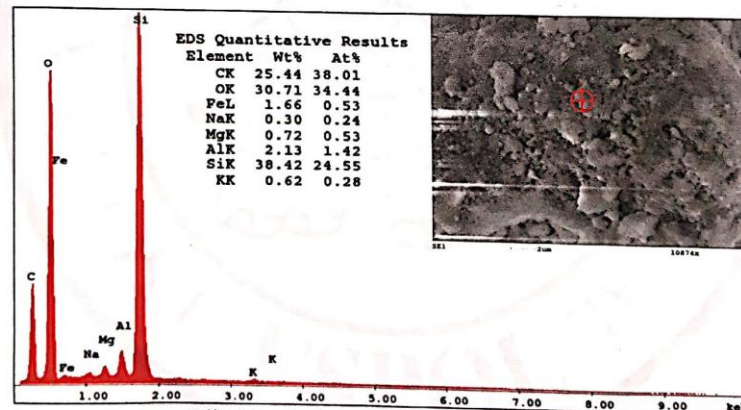
Hoja: 5 de 11
Nº Informe: 18-322

Fecha de emisión: 19/11/2018
Número de Orden: OT-1653-18

ANÁLISIS SEMICUANTITATIVO SEM-EDS



Gráfica 1. Espectro elemental de la submuestra 18-0028-1. Área 1.



Gráfica 2. Espectro elemental de la submuestra 18-0028-1. Punto 1.

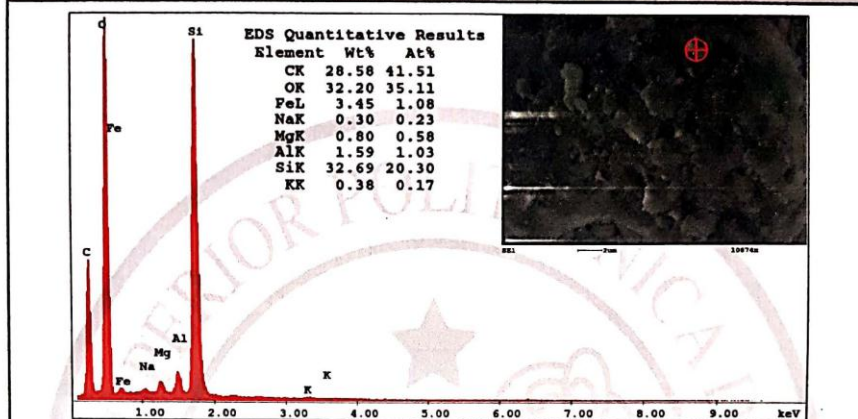
Observaciones:

Las muestras y la información de las mismas fueron proporcionadas por el cliente.
Para el gráfico 1 y 2, Wt% representa el porcentaje en peso y At% representa el porcentaje atómico.
Los resultados del espectro elemental de la muestra 18-0028-1 (Área 1), corresponden a un análisis total según el área marcada en la gráfica 1.
Los resultados del espectro elemental de la muestra 18-0028-1 (Punto 1), corresponden a un análisis puntual según el sector marcado en la gráfica 2.

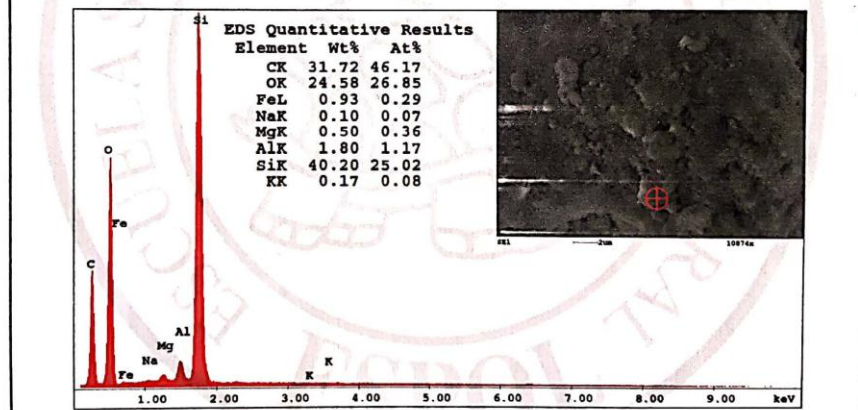
NOTA: Las opiniones, interpretaciones, inspecciones, etc., que se indiquen en este informe se encuentra fuera del alcance de acreditación del SAE.
LOS RESULTADOS DECLARADOS EN ESTE INFORME SE REFIEREN ÚNICAMENTE A LOS OBJETOS ENSAYADOS O CALIBRADOS.
Se prohíbe la reproducción total o parcial del presente informe, salvo aprobación escrita del LEMAT.
Guayaquil, Campus "Gustavo Galindo" Km. 30.5 vía perimetral, contiguo a la Cda. Santa Cecilia.
Fax: (593-4)2269293 - Teléfono: 2269375
E-mail: lemat@espol.edu.ec
MC2201-05

Scanned by CamScanner

ANÁLISIS SEMICUANTITATIVO SEM-EDS



Gráfica 3. Espectro elemental de la submuestra 18-0028-1. Punto 2.



Gráfica 4. Espectro elemental de la submuestra 18-0028-1. Punto 3.

Observaciones:

Las muestras y la información de las mismas fueron proporcionadas por el cliente.

Para el gráfico 3 y 4, Wt% representa el porcentaje en peso y At% representa el porcentaje atómico.

Los resultados del espectro elemental de la muestra 18-0028-1 (Punto 2), corresponden a un análisis puntual según el sector marcado en la gráfica 3.

Los resultados del espectro elemental de la muestra 18-0028-1 (Punto 3), corresponden a un análisis puntual según el sector marcado en la gráfica 4.

NOTA: Las opiniones, interpretaciones, inspecciones, etc., que se indiquen en este informe se encuentra fuera del alcance de acreditación del SAE.

LOS RESULTADOS DECLARADOS EN ESTE INFORME SE REFIEREN ÚNICAMENTE A LOS OBJETOS ENSAYADOS O CALIBRADOS.

Se prohíbe la reproducción total o parcial del presente informe, salvo aprobación escrita del LEMAT.

Guayaquil, Campus "Quinto Galindo" Km. 10.5 vía perimetral, contiguo a la Cda. Santa Cecilia.

Fax: (593-4)2269293 - Teléfono: 2269373

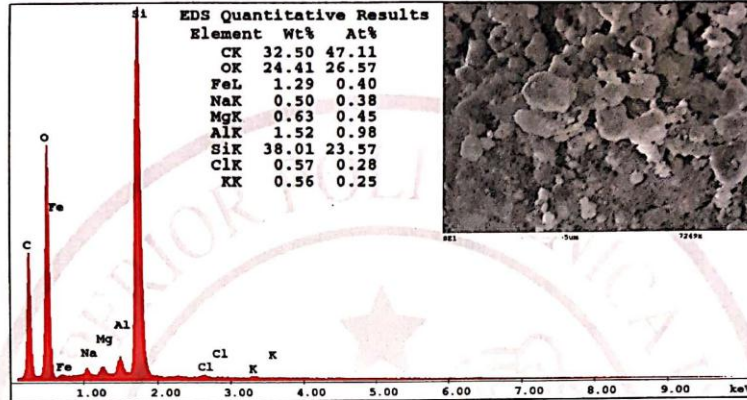
E-mail: lemat@espol.edu.ec

MC2201-03

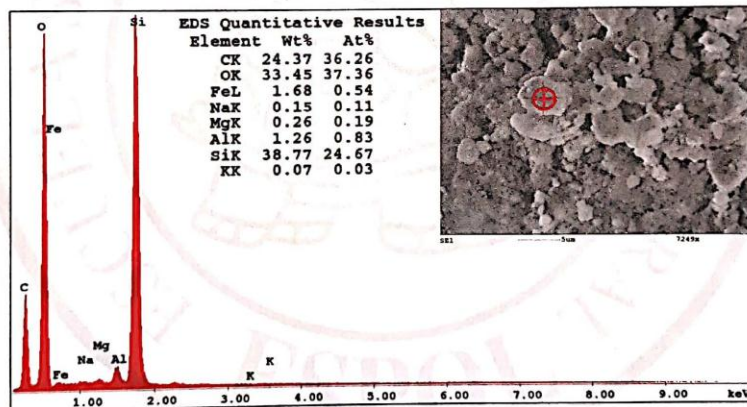
Hoja: 7 de 11
Nº Informe: 18-322

Fecha de emisión: 19/11/2018
Número de Orden: OT-1653-18

ANÁLISIS SEMICUANTITATIVO SEM-EDS



Gráfica 5. Espectro elemental de la submuestra 18-0028-2. Área 1.



Gráfica 6. Espectro elemental de la submuestra 18-0028-2. Punto 1.

Observaciones:

Las muestras y la información de las mismas fueron proporcionadas por el cliente.

Para el gráfico 5 y 6, Wt% representa el porcentaje en peso y At% representa el porcentaje atómico.

Los resultados del espectro elemental de la muestra 18-0028-2 (Área 1), corresponden a un análisis total según el área marcada en la gráfica 5.

Los resultados del espectro elemental de la muestra 18-0028-2 (Punto 1), corresponden a un análisis puntual según el sector marcado en la gráfica 6.

NOTA: Las opiniones, interpretaciones, inspecciones, etc., que se indiquen en este informe se encuentra fuera del alcance de acreditación del S.A.E.

LOS RESULTADOS DECLARADOS EN ESTE INFORME SE REFIEREN ÚNICAMENTE A LOS OBJETOS ENSAYADOS O CALIBRADOS.

Se prohíbe la reproducción total o parcial del presente informe, salvo aprobación escrita del LEMAT.

Guayaquil, Campus "Gustavo Galindo" Km. 30.3 vía perimetral, contiguo a la Cilla. Santa Cecilia.

Fax: (593-4)2269293 - Teléfono: 2269375

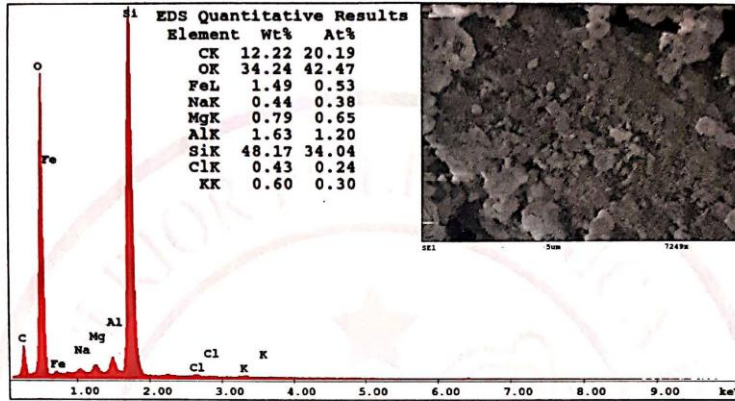
E-mail: lemat@espol.edu.ec

MC2201-05

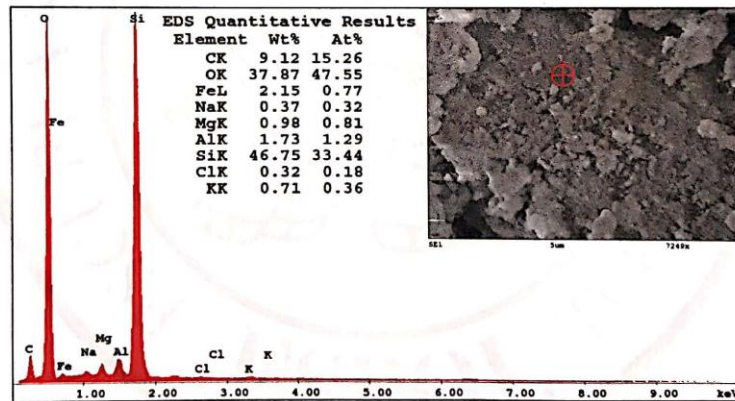
Hoja: 9 de 11
Nº Informe: 18-322

Fecha de emisión: 19/11/2018
Número de Orden: OT-1653-18

ANÁLISIS SEMICUANTITATIVO SEM-EDS



Gráfica 9. Espectro elemental de la submuestra 18-0028-3. Área 1.



Gráfica 10. Espectro elemental de la submuestra 18-0028-3. Punto 1.

Observaciones:

Las muestras y la Información de las mismas fueron proporcionadas por el cliente.

Para el gráfico 9 y 10, Wt% representa el porcentaje en peso y At% representa el porcentaje atómico.

Los resultados del espectro elemental de la muestra 18-0028-3 (Área 1), corresponden a un análisis total según el área marcada en la gráfica 9.

Los resultados del espectro elemental de la muestra 18-0028-3 (Punto 1), corresponden a un análisis puntual según el sector marcado en la gráfica 10.

NOTA: Las opiniones, interpretaciones, inspecciones, etc., que se indiquen en este informe se encuentra fuera del alcance de acreditación del SAE.

LOS RESULTADOS DECLARADOS EN ESTE INFORME SE REFIEREN ÚNICAMENTE A LOS OBJETOS ENSAYADOS O CALIBRADOS.

Se prohíbe la reproducción total o parcial del presente informe, salvo aprobación escrita del LEMAT.

Guayaquil, Campus "Gustavo Galindo" Km. 10.5 vía perimetral, contiguo a la Cilla. Santa Cecilia.

Fax: (593-4)2269293 - Teléfono: 2269375

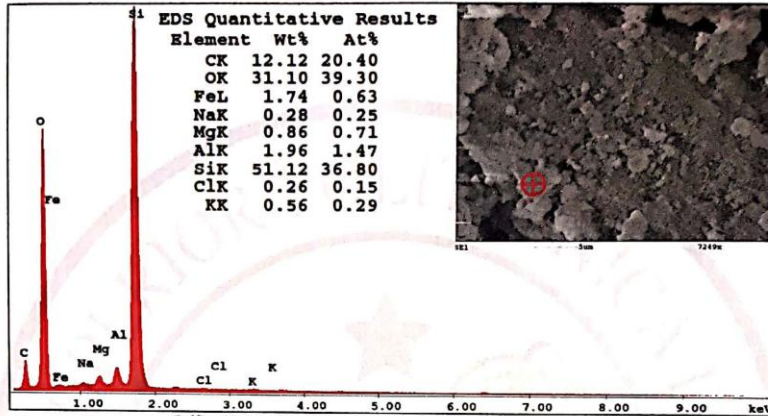
E-mail: lemat@espol.edu.ec

MC2201-05

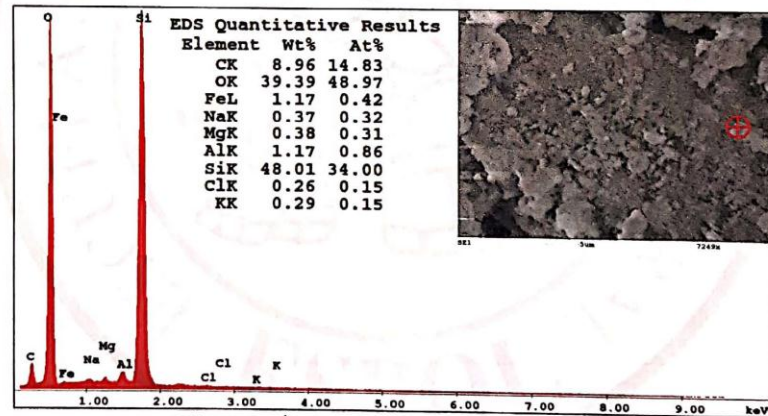
Hoja: 10 de 11
Nº Informe: 18-322

Fecha de emisión: 19/11/2018
Número de Orden: OT-1653-18

ANÁLISIS SEMICUANTITATIVO SEM-EDS



Gráfica 11. Espectro elemental de la submuestra 18-0028-3. Punto 2.



Gráfica 12. Espectro elemental de la submuestra 18-0028-3. Punto 3.

Observaciones:

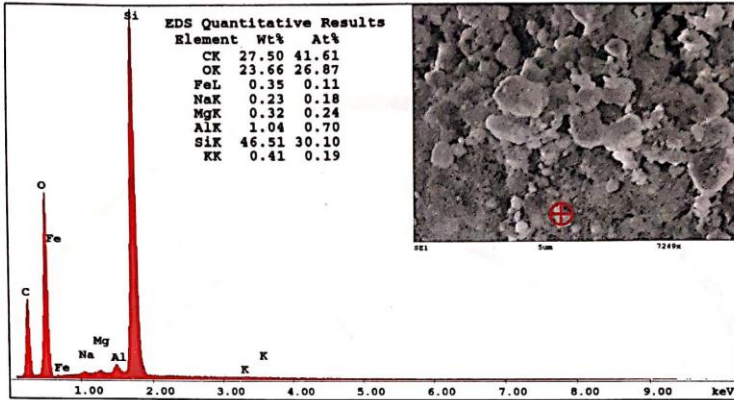
Las muestras y la información de las mismas fueron proporcionadas por el cliente.
Para el gráfico 11 y 12, Wt% representa el porcentaje en peso y At% representa el porcentaje atómico.
Los resultados del espectro elemental de la muestra 18-0028-3 (Punto 2), corresponden a un análisis puntual según el sector marcado en la gráfica 11.
Los resultados del espectro elemental de la muestra 18-0028-3 (Punto 3), corresponden a un análisis puntual según el sector marcado en la gráfica 12.

NOTA: Las opiniones, interpretaciones, inspecciones, etc., que se indiquen en este informe se encuentra fuera del alcance de acreditación del SAE.
LOS RESULTADOS DECLARADOS EN ESTE INFORME SE REFIEREN ÚNICAMENTE A LOS OBJETOS ENSAYADOS O CALIBRADOS.
Se prohíbe la reproducción total o parcial del presente informe, salvo aprobación escrita del LEMAT.
Guayaquil; Campus "Gustavo Galindo" Km. 30.5 vía perimetral, conlugar a la Cda. Santa Cecilia.
Fax: (593-4)2269293 - Teléfono: 2269375
E-mail: lemat@espol.edu.ec
MC2201-05

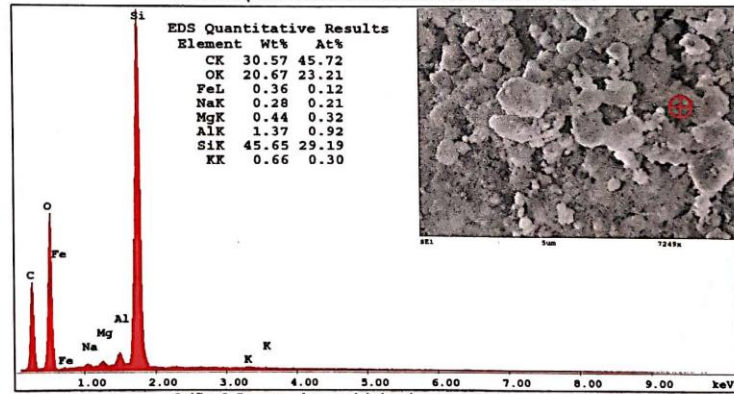
Hoja: 8 de 11
Nº Informe: 18-322

Fecha de emisión: 19/11/2018
Número de Orden: OT-1653-18

ANÁLISIS SEMICUANTITATIVO SEM-EDS



Gráfica 7. Espectro elemental de la submuestra 18-0028-2. Punto 2.



Gráfica 8. Espectro elemental de la submuestra 18-0028-2. Punto 3.

Observaciones:

Las muestras y la información de las mismas fueron proporcionadas por el cliente.

Para el gráfico 7 y 8, Wt% representa el porcentaje en peso y At% representa el porcentaje atómico.

Los resultados del espectro elemental de la muestra 18-0028-2 (Punto 2), corresponden a un análisis puntual según el sector marcado en la gráfica 7.

Los resultados del espectro elemental de la muestra 18-0028-2 (Punto 3), corresponden a un análisis puntual según el sector marcado en la gráfica 8.

NOTA: Las opiniones, interpretaciones, inspecciones, etc., que se indiquen en este informe se encuentra fuera del alcance de acreditación del SAE.

LOS RESULTADOS DECLARADOS EN ESTE INFORME SE REFIEREN ÚNICAMENTE A LOS OBJETOS ENSAYADOS O CALIBRADOS.

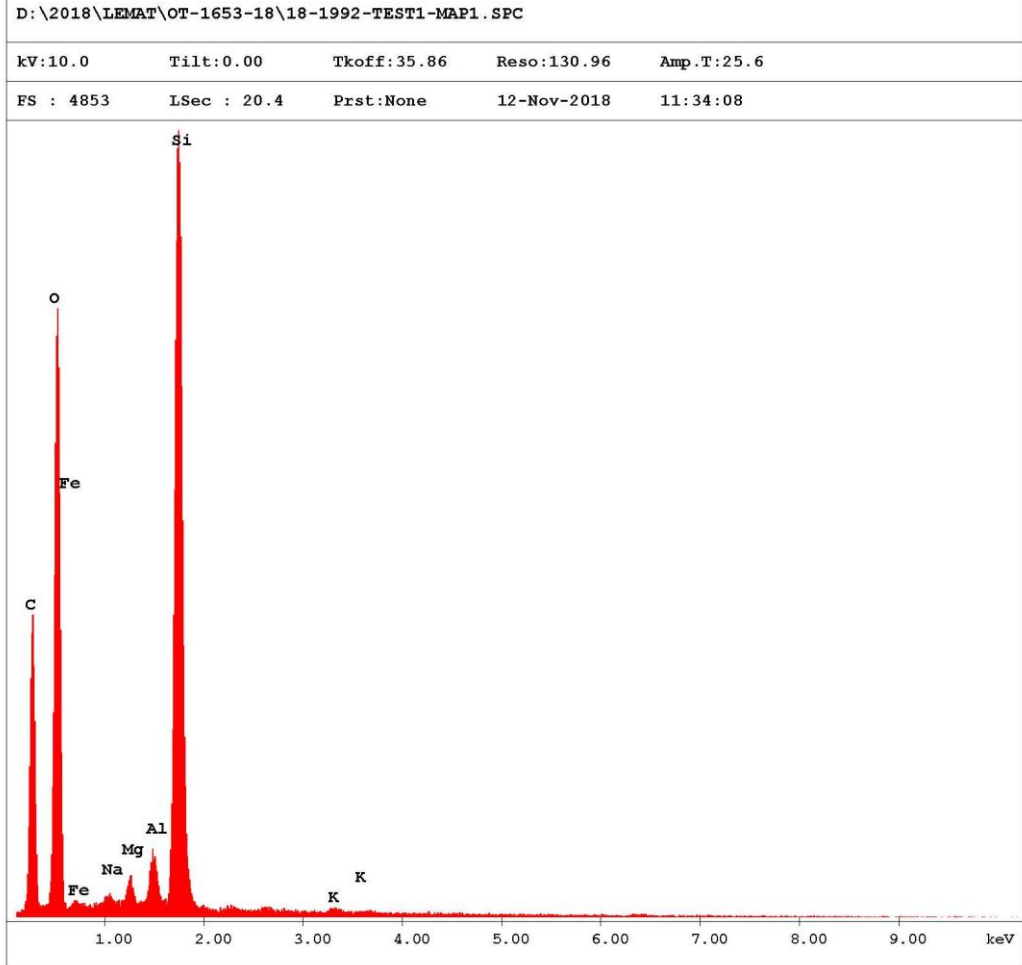
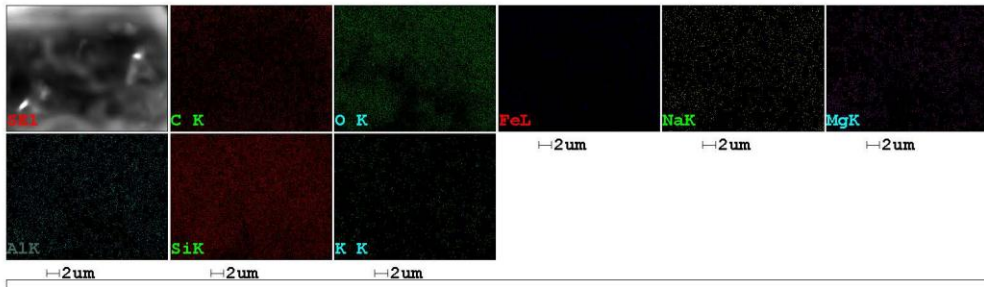
Se prohíbe la reproducción total o parcial del presente informe, salvo aprobación escrita del LEMAT.

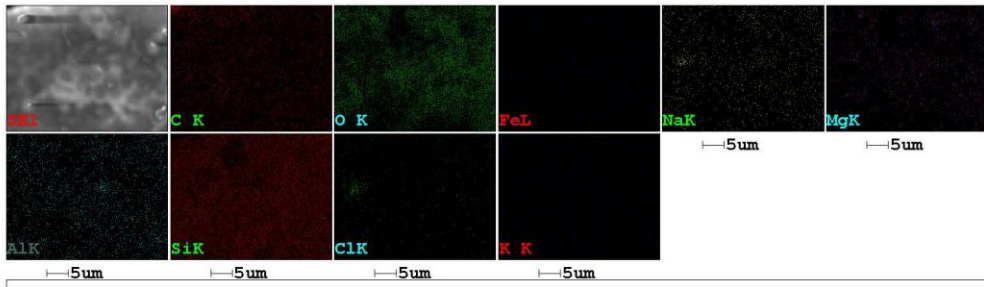
Guayaquil, Campus "Gustavo Galindo" Km. 30.3 vía perimetral, contiguo a la Cda. Santa Cecilia.

Fax: (593-4)2269293 - Teléfono: 2269375

E-mail: lemat@espol.edu.ec

MC2201-05

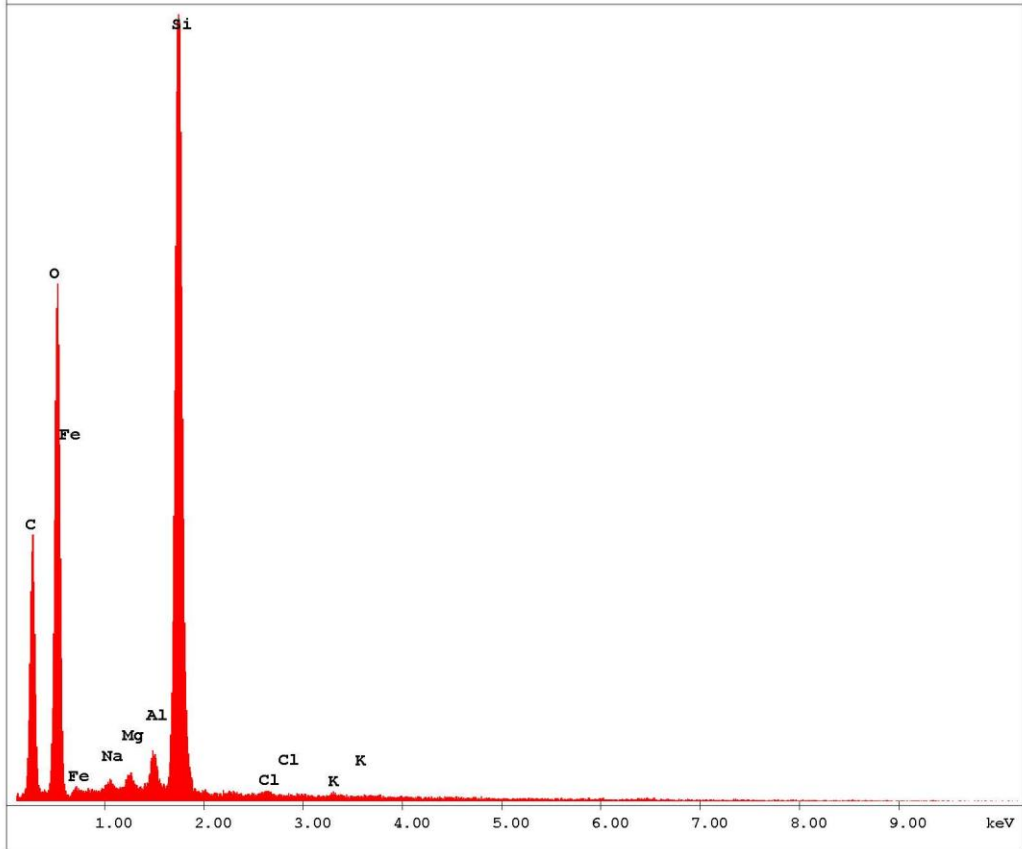


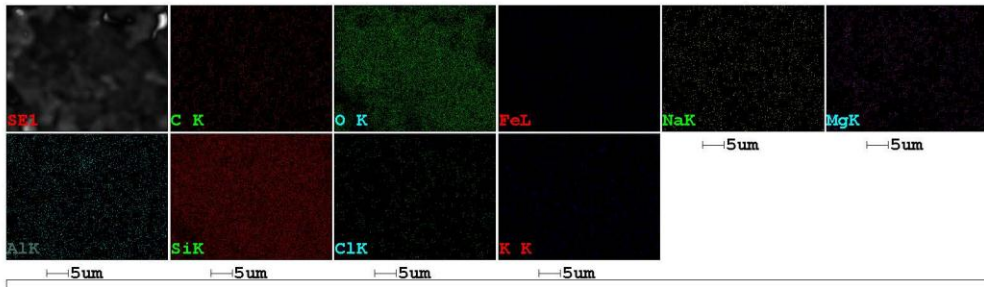


D:\2018\LEMAT\OT-1653-18\18-1992-TEST2-MAP2.SPC

kV:10.0 Tilt:0.00 Tkoff:35.88 Reso:130.96 Amp.T:25.6

FS : 4829 ISec : 20.4 Prst:None 12-Nov-2018 11:55:44

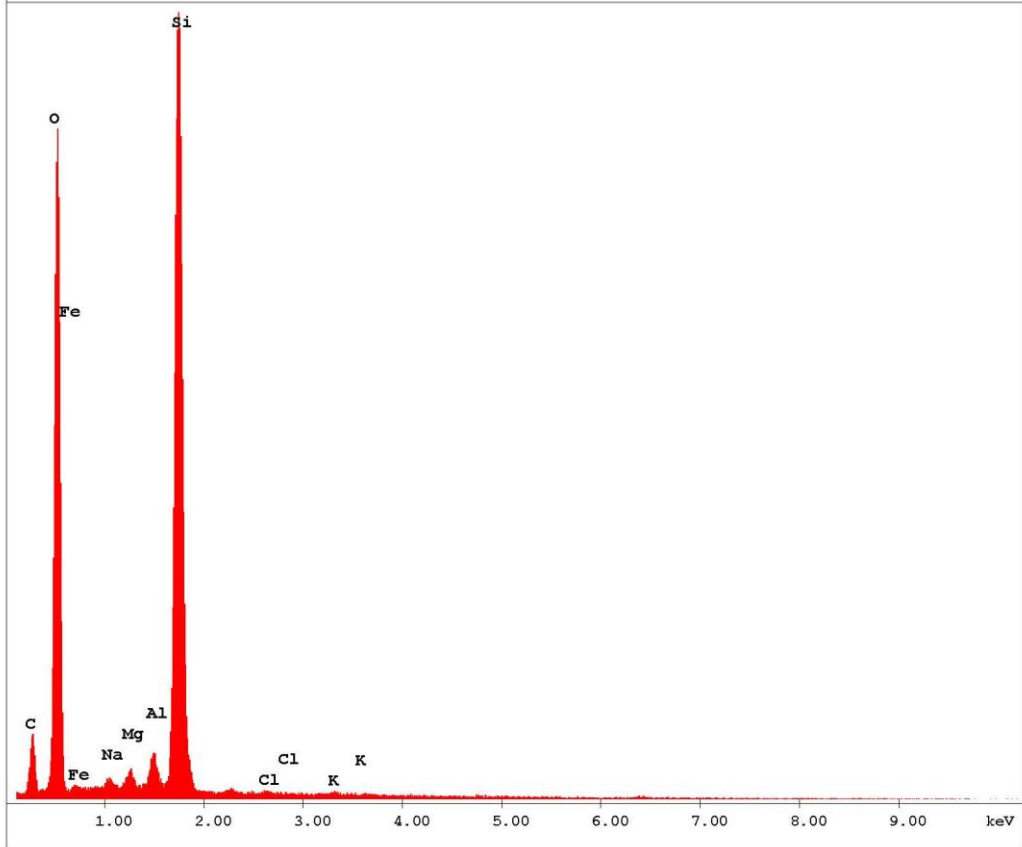




D:\2018\LEMAT\OT-1653-18\18-1992-TEST3-MAP3.SPC

kV:10.0 Tilt:0.00 Tkoff:35.85 Reso:130.96 Amp.T:25.6

FS : 5445 ISec : 20.4 Prst:None 12-Nov-2018 12:11:39



Anexo L.3 Ensayo de Difractometría de rayos X.

Laboratorio de Ensayos
Metrológicos y de
Materiales
LEMAT-ESPOL



INFORME DE ENSAYOS/
CERTIFICADO DE
CALIBRACIÓN

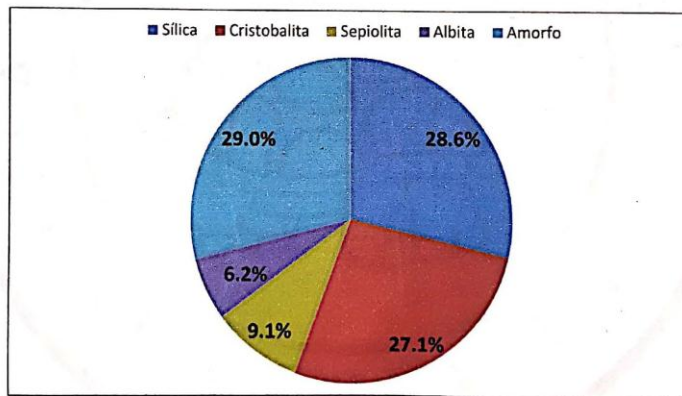
Edición: 5

Hoja: 11 de 11
Nº Informe: 18-322
Fecha de emisión: 19/11/2018
Número de Orden: OT-1653-18

RESULTADOS DE DIFRACTOMETRÍA POR RAYOS X

CÓDIGO DE MUESTRA: 18-0029
EQUIPO UTILIZADO: Difractómetro Panalytical-XPertPro

Código de referencia del patrón	Nombre del compuesto	Fórmula química	SemiQuant (%)
00-033-1161	Sílica	SiO ₂	28.6
00-011-0695	Cristobalita	SiO ₂	27.1
00-013-0595	Sepiolita	Mg ₃ Si ₆ O ₁₅ (OH) ₂ · 6H ₂ O	9.1
00-020-0548	Albita	(Na,Ca) (Si,Al) ₈ O ₈	6.2
—	Amorfo	—	29.0
			100.0



Gráfica 13. Análisis cuantitativo de la muestra 18-0029.

Observaciones:
La muestra y la información de la misma fueron proporcionadas por el cliente.
La muestra fue secada durante 24 horas a 50 °C.

Ing. José Bruque A.
Dirección Técnica



Ing. María José Bastidas R.
Dirección de Calidad

LEMAT
Laboratorio de Ensayos
Metrológicos y de Materiales

NOTA: Las opiniones, interpretaciones, inspecciones, etc. que se incluyan en este informe se encuentra fuera del alcance de acreditación del SAE.
LOS RESULTADOS DECLARADOS EN ESTE INFORME SE REFIRREN ÚNICAMENTE A LOS OBJETOS ENSAYADOS O CALIBRADOS.
Se prohíbe la reproducción total o parcial del presente informe, salvo aprobación escrita del LEMAT.
Guayaquil, Campesía "Gustavo Galindo" Km. 30.5 vía perimetral, contiguo a la Cilla. Santa Cecilia.
Fax: (593-4)2269291 - Teléfono: 2269373
E-mail: lemat@espol.edu.ec
MC2201-05

Scanned by CamScanner

Anexo M. Ensayo a compresión simple de las probetas de suelo - estabilizante.

Anexo M.1 Ensayo a la compresión simple con 5 % de cemento

UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL		RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN													
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y HORMIGONES															
PROYECTO: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA ESTABILIZACIÓN DEL MATERIAL DE LA CANTERA "LA NEGRITA" UTILIZANDO CEMENTO, TERRASIL, ZYCOBOND															
Fecha: Noviembre, 2018							Cantera: La Negrita								
PROBETAS DISEÑADAS PARA $f_c =$							25 Kg/cm ²								
N° Probeta	Código cilindro	Fecha de Vaciado	Diámetro (D) cm			Altura cm	Área cm ²	Peso Kg	Fecha Rotura	Edad (días)	Carga (KN)	Carga (Kg)	Resistencia Kg/cm ²	Eficiencia %	Densidad
			D1	D2	Promedio										
1	SC5-1	31-oct-18	14,77	15,03	14,90	30,64	174,37	8,626	3-nov-18	3,0	20,3	2070,0	11,87	47,49	1614,57
2	SC5-2		15,19	15,14	15,17	30,09	180,62	8,722			20,2	2059,8	11,40	45,62	1604,79
												Promedio	11,64	46,55	1609,68
3	SC5-3	31-oct-18	15,15	15,33	15,24	30,2	182,42	8,974	7-nov-18	7,0	29,3	2987,8	16,38	65,52	1626,83
4	SC5-4		15,18	15,18	15,18	30,1	180,98	8,935			28,8	2936,8	16,23	64,91	1641,82
												Promedio	16,30	65,21	1634,33
5	SC5-5	31-oct-18	15,25	15,27	15,26	30,3	182,89	9,350	28-nov-18	28,0	40,5	4129,9	22,58	90,32	1689,44
6	SC5-6		15,20	15,21	15,21	30,1	181,58	9,300			39,6	4038,1	22,24	88,96	1700,45
												Promedio	22,41	89,64	1694,95

Edad (días)	Resistencia (Kg/cm ²)
7	11,6
14	16,3
28	22,4

Observaciones:	
Resistencia máxima alcanzada a los 28 días:	22,41 Kg/cm ²
Eficiencia máxima alcanzada a los 28 días:	89,64 %

Referencias: NORMA NTE INEN 1573:2010 1R (ASTM C-39)	Elaborado por: Lissette Clemente - Jairo Ramirez	Verificado por: Ing. Lucrecia Moreno
--	--	--------------------------------------

Anexo M.2 Ensayo a la compresión simple con 7 % de cemento.

UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL		RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN													
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y HORMIGONES															
PROYECTO: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA ESTABILIZACIÓN DEL MATERIAL DE LA CANTERA "LA NEGRITA" UTILIZANDO CEMENTO, TERRASIL, ZYCOBOND															
Fecha: Noviembre, 2018						Cantera: La Negrita									
PROBETAS DISEÑADAS PARA $f_c =$						25 Kg/cm ²									
N° Probeta	Código cilindro	Fecha de Vaciado	Diámetro (D) cm			Altura cm	Área cm ²	Peso Kg	Fecha Rotura	Edad (días)	Carga (KN)	Carga (Kg)	Resistencia Kg/cm ²	Eficiencia %	Densidad
			D1	D2	Promedio										
1	SC7-1	1-nov-18	15,19	15,28	15,24	30,24	182,30	9,52	8-nov-18	7,0	43,5	4439,9	24,36	97,42	1726,95
2	SC7-2		15,28	15,41	15,35	30,07	184,94	9,50			45,3	4619,3	24,98	99,91	1708,31
												Promedio	24,67	98,67	1717,63
3	SC7-3	1-nov-18	15,19	15,24	15,22	30,2	181,82	9,23	15-nov-18	14,0	62,2	6343,7	34,89	139,56	1682,08
4	SC7-4		15,18	15,24	15,21	30,1	181,70	9,33			61,4	6261,1	34,46	137,84	1707,08
												Promedio	34,67	138,70	1694,58
5	SC7-5	1-nov-18	15,21	15,30	15,26	30,0	182,77	9,44	29-nov-18	28,0	79,5	8109,8	44,37	177,48	1719,89
6	SC7-6		15,22	15,28	15,25	30,1	182,65	9,54			80,3	8189,4	44,84	179,34	1737,52
												Promedio	44,60	178,41	1728,70
Observaciones:															
Resistencia máxima alcanzada a los 28 días:												44,60 Kg/cm ²			
Eficiencia máxima alcanzada a los 28 días:												178,41 %			
Referencias: NORMA NTE INEN 1573:2010 1R (ASTM C-39)						Elaborado por: Lissette Clemente - Jairo Ramirez						Verificado por: Ing. Lucrecia Moreno			

Anexo M.3 Ensayo a la compresión simple con 9 % de cemento.

		UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL				RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN									
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y HORMIGONES															
PROYECTO: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA ESTABILIZACIÓN DEL MATERIAL DE LA CANTERA "LA NEGRITA" UTILIZANDO CEMENTO, TERRASIL, ZYCOBOND															
Fecha: Noviembre, 2018				Cantera: La Negrita											
PROBETAS DISEÑADAS PARA $f'c =$				25 Kg/cm ²											
N° Probeta	Código cilindro	Fecha de Vaciado	Diámetro (D) cm			Altura cm	Área cm ²	Peso Kg	Fecha Rotura	Edad (días)	Carga (KN)	Carga (Kg)	Resistencia Kg/cm ²	Eficiencia %	Densidad
			D1	D2	Promedio										
1	SC9-1	1-nov-18	15,11	15,23	15,17	30,35	180,74	9,72	8-nov-18	7,0	74,9	7637,7	42,26	169,03	1771,93
2	SC9-2		15,01	15,34	15,18	30,11	180,86	9,54			78,6	8015,0	44,32	177,26	1751,82
												Promedio	43,29	173,15	1761,87
3	SC9-3	1-nov-18	15,15	15,33	15,24	30,2	182,42	8,97	15-nov-18	14,0	82,7	8433,1	46,23	184,92	1626,83
4	SC9-4		15,18	15,18	15,18	30,1	180,98	8,94			81,9	8351,5	46,15	184,58	1641,82
												Promedio	46,19	184,75	1634,33
5	SC9-5	1-nov-18	15,30	15,27	15,29	30,1	183,49	9,82	29-nov-18	28,0	89,5	9126,5	49,74	198,95	1779,74
6	SC9-6		15,28	15,22	15,25	30,1	182,65	9,89			89,3	9106,1	49,85	199,42	1801,86
												Promedio	49,80	199,18	1790,80

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Observaciones:	
Resistencia máxima alcanzada a los 28 días:	49,80 Kg/cm²
Eficiencia máxima alcanzada a los 28 días:	199,18 %

Referencias: NORMA NTE INEN 1573:2010 1R (ASTM C-39)	Elaborado por: Lissette Clemente - Jairo Ramirez	Verificado por: Ing. Lucrecia Moreno
--	--	--------------------------------------

Anexo M.4 Ensayo a la compresión simple con 2 % de cemento + 0,75 Kg/m³ Terrasil.

UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL		RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN													
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y HORMIGONES															
PROYECTO: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA ESTABILIZACIÓN DEL MATERIAL DE LA CANTERA "LA NEGRITA" UTILIZANDO CEMENTO, TERRASIL, ZYCOBOND															
Fecha: Diciembre, 2018						Cantera: La Negrita									
PROBETAS DISEÑADAS PARA f'c =						25 Kg/cm ²									
N° Probeta	Código cilindro	Fecha de Vaciado	Diámetro (D) cm			Altura cm	Área cm ²	Peso Kg	Fecha Rotura	Edad (días)	Carga (KN)	Carga (Kg)	Resistencia Kg/cm ²	Eficiencia %	Densidad
			D1	D2	Promedio										
1	SC2T-1	9-nov-18	15,18	15,10	15,14	30,01	180,03	8,85	16-nov-18	7,0	8,3	846,4	4,70	18,81	1638,08
2	SC2T-2		15,17	15,13	15,15	30,47	180,27	8,92			9,0	917,7	5,09	20,36	1623,78
												Promedio	4,90	19,58	1630,93
3	SC2T-3	9-nov-18	15,12	15,33	15,23	30,1	182,06	8,97	23-nov-18	14,0	10,2	1040,1	5,71	22,85	1637,62
4	SC2T-4		15,18	15,20	15,19	30,1	181,22	8,94			10,5	1070,7	5,91	23,63	1639,66
												Promedio	5,81	23,24	1638,64
5	SC2T-5	9-nov-18	15,05	15,07	15,06	30,1	178,13	8,82	7-dic-18	28,0	12,6	1284,8	7,21	28,85	1646,62
6	SC2T-6		15,08	15,16	15,12	30,2	179,55	8,95			12,2	1244,1	6,93	27,71	1650,52
												Promedio	7,07	28,28	1648,57
Observaciones:															
Resistencia máxima alcanzada a los 28 días:											7,07 Kg/cm ²				
Eficiencia máxima alcanzada a los 28 días:											28,28 %				
Referencias: NORMA NTE INEN 1573:2010 1R (ASTM C-39)						Elaborado por: Lissette Clemente - Jairo Ramirez						Verificado por: Ing. Lucrecia Moreno			

Anexo M.4 Ensayo a la compresión simple con 2 % de cemento + 0,3 Kg/m³ Terrasil + 0.75 Kg/m³ Zycobond.

UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA		FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERÍA		CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL		RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN									
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y HORMIGONES															
PROYECTO: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA ESTABILIZACIÓN DEL MATERIAL DE LA CANTERA "LA NEGRITA" UTILIZANDO CEMENTO, TERRASIL, ZYCOBOND															
Fecha: Diciembre, 2018				Cantera: La Negrita											
PROBETAS DISEÑADAS PARA $f'c =$				25 Kg/cm ²											
N° Probeta	Código cilindro	Fecha de Vaciado	Diámetro (D) cm			Altura cm	Área cm ²	Peso Kg	Fecha Rotura	Edad (días)	Carga (KN)	Carga (Kg)	Resistencia Kg/cm ²	Eficiencia %	Densidad
			D1	D2	Promedio										
1	SC2TZ-1	9-nov-18	15,14	15,21	15,18	30,49	180,86	8,84	16-nov-18	7,0	6,3	642,4	3,55	14,21	1603,05
2	SC2TZ-2		15,18	15,32	15,25	30,30	182,65	9,05			6,0	611,8	3,35	13,40	1635,22
Promedio												3,45	13,80	1619,13	
3	SC2TZ-3	9-nov-18	15,10	15,33	15,22	30,22	181,82	9,07	23-nov-18	14,0	7,4	754,6	4,15	16,60	1650,74
4	SC2TZ-4		15,20	15,20	15,20	30,05	181,46	8,94			7,2	734,2	4,05	16,18	1638,60
Promedio												4,10	16,39	1644,67	
5	SC2TZ-5	9-nov-18	15,30	15,27	15,29	30,07	183,49	9,12	7-dic-18	28,0	10,2	1040,1	5,67	22,67	1652,87
6	SC2TZ-6		15,13	15,22	15,18	30,12	180,86	8,99			10,0	1019,7	5,64	22,55	1650,28
Promedio												5,65	22,61	1651,57	



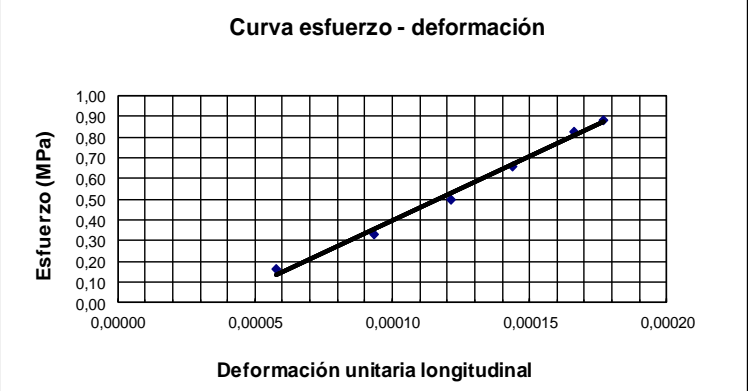
Edad (días)	Resistencia (Kg/cm ²)
7	3,5
14	4,1
28	5,7

Observaciones:	
Resistencia máxima alcanzada a los 28 días:	5,65 Kg/cm ²
Eficiencia máxima alcanzada a los 28 días:	22,61 %



Referencias: NORMA NTE INEN 1573:2010 1R (ASTM C-39)	Elaborado por: Lissette Clemente - Jairo Ramirez	Verificado por: Ing. Lucrecia Moreno
--	--	--------------------------------------

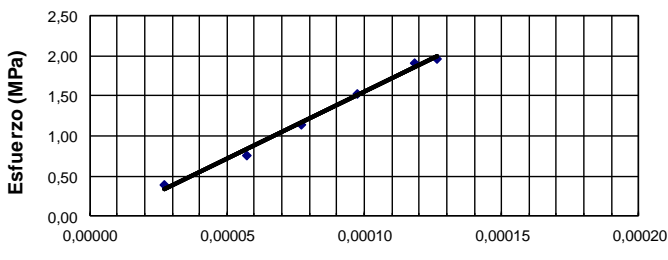
Anexo N. Ensayo Modulo Elástico/Young.

Anexo N.1 Ensayo Modulo Elástico/Young con el porcentaje de 5% de Cemento.



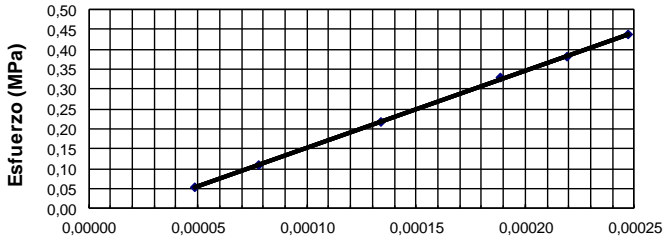
 UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA CARRERA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS, HORMIGONES Y ASFALTOS DETERMINACIÓN DEL MODULO ELASTICO						
PROYECTO: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA ESTABILIZACIÓN DEL MATERIAL DE LA CANTERA "LA NEGRITA" UTILIZANDO CEMENTO, TERRASIL, ZYCOBOND.		UBICACIÓN: N 9746466,6; E 510505,9 CANTERA: La Negrita - Punta Carnero PROBETA: Suelo Cemento PORCENTAJE CEMENTO: 5%				
Edad:	28 Dias	Area:	18146			
%Cemento:	5 %	Longitud cálculo:	302,6 mm			
Diámetro:	152 mm	40% carga:	15,1 KN			
Longitud:	302,6 mm	40% resistencia:	0,8 Mpa			
Resistencia máx 28 días:	2,1 Mpa 21,3 Kg/cm ² 302,7 PSI					
MODULO ELASTICO						
Carga kN	Esfuerzo Mpa	Deformación				
		lect 1	lect 2	Prom Lectura	Deformación mm	Unitaria
3	0,2	1,71	1,78	1,745	1,75E-02	0,00006
6	0,3	2,79	2,86	2,825	2,83E-02	0,00009
9	0,5	3,64	3,7	3,67	3,67E-02	0,00012
12	0,7	4,34	4,36	4,35	4,35E-02	0,00014
15	0,8	5,04	5,02	5,03	5,03E-02	0,00017
16	0,9	5,40	5,29	5,345	5,35E-02	0,00018
		E= 6,1 GPa 6092 MPa 883525 PSI				

Anexo N.3 Ensayo Modulo Elástico/Young con el porcentaje de 9% de Cemento.



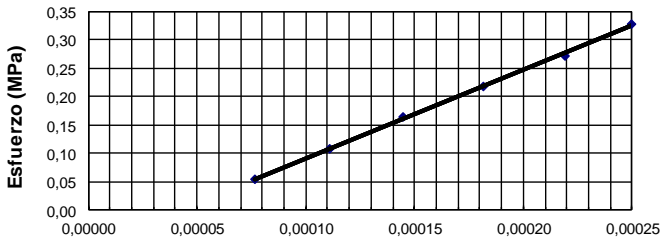
 UNIVERSIDAD ESTADAL PENINSULA DE SANTA ELENA CARRERA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS, HORMIGONES Y ASFALTOS DETERMINACIÓN DEL MODULO ELASTICO						
PROYECTO: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA ESTABILIZACIÓN DEL MATERIAL DE LA CANTERA "LA NEGRITA" UTILIZANDO CEMENTO, TERRASIL, ZYCOBOND.		UBICACIÓN: N 9746466,6; E 510505,9				
		CANTERA: La Negrita - Punta Carnero				
		PROBETA: Suelo Cemento				
		PORCENTAJE CEMENTO: 9%				
Edad: %Cemento: Diámetro: Longitud: Resistencia máx 28 días:	28 Días 9 % 152,7 mm 301 mm 4,9 Mpa 49,8 Kg/cm2 708,7 PSI	Area: Longitud cálculo: 40% carga: 40% resistencia:	18313 301 mm 35,8 KN 2,0 Mpa			
MODULO ELASTICO						
Carga kN	Esfuerzo Mpa	Deformación				
		lect 1	lect 2	Prom Lectura	Deformación mm	Unitaria
7	0,4	0,78	0,86	0,82	8,20E-03	0,00003
14	0,8	1,73	1,71	1,72	1,72E-02	0,00006
21	1,1	2,27	2,38	2,325	2,33E-02	0,00008
28	1,5	2,86	3	2,93	2,93E-02	0,00010
35	1,9	3,55	3,58	3,565	3,57E-02	0,00012
36	2,0	3,84	3,78	3,81	3,81E-02	0,00013

Curva esfuerzo - deformación	E= 16,8 GPa 16765 MPa 2431617 PSI
	

Anexo N.4 Ensayo Modulo Elástico/Young con el porcentaje de 2% de Cemento + 0.75 kg/cm² de Terrasil.

 UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA CARRERA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS, HORMIGONES Y ASFALTOS DETERMINACIÓN DEL MODULO ELASTICO						
PROYECTO: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA ESTABILIZACIÓN DEL MATERIAL DE LA CANTERA "LA NEGRITA" UTILIZANDO CEMENTO, TERRASIL, ZYCOBOND.		UBICACIÓN: N 9746466,6; E 510505,9				
		CANTERA: La Negrita - Punta Camero				
		PROBETA: Suelo Cemento				
		PORCENTAJE CEMENTO: 2% + Terrasil				
Edad:	28 Dias	Area:	18313			
%Cemento:	2 %	Longitud cálculo:	301 mm			
Diámetro:	152,7 mm	40% carga:	5,1 KN			
Longitud:	301 mm	40% resistencia:	0,3 Mpa			
Resistencia máx 28 días:	0,7 Mpa 7,1 Kg/cm2 100,6 PSI					
MODULO ELASTICO						
Carga kN	Esfuerzo Mpa	Deformación				
		lect 1	lect 2	Prom Lectura	Deformación mm	Unitaria
1	0,1	1,48	1,45	1,465	1,47E-02	0,00005
2	0,1	2,36	2,32	2,34	2,34E-02	0,00008
4	0,2	4,05	4,01	4,03	4,03E-02	0,00013
6	0,3	5,66	5,68	5,67	5,67E-02	0,00019
7	0,4	6,59	6,6	6,595	6,60E-02	0,00022
8	0,4	7,40	7,50	7,45	7,45E-02	0,00025
Curva esfuerzo - deformación		E= 1,9 GPa 1922 MPa 278813 PSI				
						
Deformación unitaria longitudinal						

Anexo N.5 Ensayo Modulo Elástico/Young con el porcentaje de 2% de Cemento + 0.3 kg/cm² de Terrasil + 0.75 kg/cm² de Zycobond.

		UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA CARRERA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS, HORMIGONES Y ASFALTOS DETERMINACIÓN DEL MODULO ELASTICO				
PROYECTO: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA ESTABILIZACIÓN DEL MATERIAL DE LA CANTERA "LA NEGRITA" UTILIZANDO CEMENTO, TERRASIL, ZYCOBOND.				UBICACIÓN: N 9746466.6; E 510505.9 CANTERA: La Negra - Punta Camero PROBETA: Suelo Cemento PORCENTAJE CEMENTO: 2% + Terrasil + Zycobond		
Edad:	28 Dias	Area:	18313			
%Cemento:	2 %	Longitud cálculo:	301 mm			
Diámetro:	152,7 mm	40% carga:	4,1 KN			
Longitud:	301 mm	40% resistencia:	0,2 Mpa			
Resistencia máx 28 días:	0,6 Mpa 5,7 Kg/cm ² 80,4 PSI					
MODULO ELASTICO						
Carga kN	Esfuerzo Mpa	Deformación				
		lect 1	lect 2	Prom Lectura	Deformación mm	Unitaria
1	0,1	2,3	2,32	2,31	2,31E-02	0,00008
2	0,1	3,4	3,3	3,35	3,35E-02	0,00011
3	0,2	4,36	4,37	4,365	4,37E-02	0,00015
4	0,2	5,45	5,5	5,48	5,48E-02	0,00018
5	0,3	6,5	6,7	6,6	6,60E-02	0,00022
6	0,3	7,50	7,54	7,52	7,52E-02	0,00025
<p style="text-align: center;">Curva esfuerzo - deformación</p>  <p style="text-align: center;">Deformación unitaria longitudinal</p>						E= 1,5 GPa 1533 MPa 222271 PSI

Anexo O. Análisis de Precios Unitarios.

Anexo O.1 Rubro de base granular clase 1.

RUBRO: 1	CODIGO: 404-1E	Unidad m ³			
Detalle: BASE GRANULAR CLASE 1 (INC. TRANSPORTE)					
A.- EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORARIO	RENDIMIENTO	COSTO TOTAL
RODILLO VIBRATORIO LISO 142 HP	1,00	40,00	40,00	0,025	1,00
TANQUERO 2000 GALONES CON BOMBA	1,00	15,00	15,00	0,004	0,06
MOTONIVELADORA 140 HP	1,00	50,00	50,00	0,013	0,65
HERRAMIENTA MANUAL	1,00				0,05
sub-total					\$ 1,76
B.- MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	COSTO HORARIO	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO TOTAL
PEON	6,00	3,51	21,06	0,038	0,80
OP. RODILLO	1,00	3,74	3,74	0,025	0,09
OP. MOTONIVELADORA	1,00	3,93	3,93	0,004	0,02
CHOFER ESTR. OCP. D2 (LIC. TIPO-B)	1,00	5,15	5,15	0,004	0,02
sub-total					\$ 0,93
C.- MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	PRECIO UNIT.	CONSUMO	Costo Total	
MATERIAL BASE CLASE 1	M3	11,77	1,20	14,12	
sub-total				\$ 14,12	
D.- TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	CONSUMO	Costo Total
MATERIAL DE BASE	M3-KM	150	0,10	1,200	18,00
sub-total					\$ 18,00
E.- TOTAL DE COSTOS UNITARIOS DIRECTOS A+B+C+D					\$ 34,81
COSTOS DIRECTOS PARCIALES					
PORCENTAJE PARA GASTOS GENERALES			10%		3,48
PORCENTAJE PARA UTILIDAD			10%		3,83
PORCENTAJE PARA IMPREVISTOS			5%		2,11
COSTO POR M³					\$ 44,23

Anexo O.2 Rubro de base estabilizada con 5% de Cemento.

RUBRO :	2					Unidad	m ³
Detalle:	BASE DE AGREGADOS CON MATERIAL DE CANTERA Y ESTABILIZADOS CON 5% DE CEMENTO TIPO MH						
A.- EQUIPOS							
	DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORARIO	RENDIMIENTO	COSTO TOTAL	
	RODILLO VIBRATORIO LISO 142 HP	1,00	40,00	40,00	0,025	1,00	
	TANQUERO 2000 GALONES CON BOMBA	1,00	15,00	15,00	0,004	0,06	
	MOTONIVELADORA 140 HP	1,00	50,00	50,00	0,013	0,65	
						sub-total	\$ 1,71
B.- MANO DE OBRA							
	DESCRIPCION	CANTIDAD	COSTO HORARIO	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO TOTAL	
	PEON	6,00	3,51	21,06	0,038	0,80	
	OP. RODILLO	1,00	3,74	3,74	0,025	0,09	
	OP. MOTONIVELADORA	1,00	3,93	3,93	0,004	0,02	
	CHOFER ESTR. OCP. D2 (LIC. TIPO-B)	1,00	5,15	5,15	0,004	0,02	
						sub-total	\$ 0,93
C.- MATERIALES							
	DESCRIPCION	UNIDAD	PRECIO UNIT.	CONSUMO	Costo Total		
	MATERIAL DE CANTERA	M3	8,90	1,20	10,68		
	CEMENTO TIPO BASE MH	Kg	0,16	73,61	11,48		
					sub-total	\$ 22,16	
D.- TRANSPORTE							
	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	CONSUMO	Costo Total	
	TRANSPORTE DE MATERIAL DE CANTERA	M ³ -KM	15	0,20	1,250	3,75	
						sub-total	\$ 3,75
E.- TOTAL DE COSTOS UNITARIOS DIRECTOS A+B+C+D						\$ 28,55	
COSTOS DIRECTOS PARCIALES							
	PORCENTAJE PARA GASTOS GENERALES			10%	2,86		
	PORCENTAJE PARA UTILIDAD			10%	3,14		
	PORCENTAJE PARA IMPREVISTOS			5%	1,73		
COSTO POR M³						\$ 36,28	

Anexo O.3 Rubro de base estabilizada con 7% de Cemento.

RUBRO :	3					Unidad	m ³
Detalle:	BASE DE AGREGADOS CON MATERIAL DE CANTERA Y ESTABILIZADOS CON 7% DE CEMENTO TIPO MH						
A.- EQUIPOS							
	DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORARIO	RENDIMIENTO	COSTO TOTAL	
	RODILLO VIBRATORIO LISO 142 HP	1,00	40,00	40,00	0,025	1,00	
	TANQUERO 2000 GALONES CON BOMBA	1,00	15,00	15,00	0,004	0,06	
	MOTONIVELADORA 140 HP	1,00	50,00	50,00	0,013	0,65	
						sub-total	\$ 1,71
B.- MANO DE OBRA							
	DESCRIPCION	CANTIDAD	COSTO HORARIO	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO TOTAL	
	PEON	6,00	3,51	21,06	0,038	0,80	
	OP. RODILLO	1,00	3,74	3,74	0,025	0,09	
	OP. MOTONIVELADORA	1,00	3,93	3,93	0,004	0,02	
	CHOFER ESTR. OCP. D2 (LIC. TIPO-B)	1,00	5,15	5,15	0,004	0,02	
						sub-total	\$ 0,93
C.- MATERIALES							
	DESCRIPCION	UNIDAD	PRECIO UNIT.	CONSUMO	Costo Total		
	MATERIAL DE CANTERA	M3	8,90	1,20	10,68		
	CEMENTO TIPO BASE MH	Kg	0,16	103,05	16,08		
					sub-total	\$ 26,76	
D.- TRANSPORTE							
	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	CONSUMO	Costo Total	
	TRANSPORTE DE MATERIAL DE CANTERA	M ³ -KM	15	0,20	1,250	3,75	
						sub-total	\$ 3,75
E.- TOTAL DE COSTOS UNITARIOS DIRECTOS A+B+C+D						\$ 33,15	
COSTOS DIRECTOS PARCIALES							
	PORCENTAJE PARA GASTOS GENERALES			10%	3,31		
	PORCENTAJE PARA UTILIDAD			10%	3,65		
	PORCENTAJE PARA IMPREVISTOS			5%	2,01		
COSTO POR M³						\$ 42,11	

Anexo O.4 Rubro de base estabilizada con 9% de Cemento.

RUBRO :	4					Unidad	m ³	
Detalle:	BASE DE AGREGADOS CON MATERIAL DE CANTERA Y ESTABILIZADOS CON 9% DE CEMENTO TIPO MH							
A.- EQUIPOS								
	DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORARIO	RENDIMIENTO	COSTO TOTAL		
	RODILLO VIBRATORIO LISO 142 HP	1,00	40,00	40,00	0,025	1,00		
	TANQUERO 2000 GALONES CON BOMBA	1,00	15,00	15,00	0,004	0,06		
	MOTONIVELADORA 140 HP	1,00	50,00	50,00	0,013	0,65		
						sub-total	\$ 1,71	
B.- MANO DE OBRA								
	DESCRIPCION	CANTIDAD	COSTO HORARIO	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO TOTAL		
	PEON	6,00	3,51	21,06	0,038	0,80		
	OP. RODILLO	1,00	3,74	3,74	0,025	0,09		
	OP. MOTONIVELADORA	1,00	3,93	3,93	0,004	0,02		
	CHOFER ESTR. OCP. D2 (LIC. TIPO-B)	1,00	5,15	5,15	0,004	0,02		
						sub-total	\$ 0,93	
C.- MATERIALES								
	DESCRIPCION	UNIDAD	PRECIO UNIT.	CONSUMO	Costo Total			
	MATERIAL DE CANTERA	M3	8,90	1,20	10,68			
	CEMENTO TIPO BASE MH	Kg	0,16	132,49	20,67			
					sub-total	\$ 31,35		
D.- TRANSPORTE								
	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	CONSUMO	Costo Total		
	TRANSPORTE DE MATERIAL DE CANTERA	M ³ -KM	15	0,20	1,250	3,75		
						sub-total	\$ 3,75	
E.- TOTAL DE COSTOS UNITARIOS DIRECTOS A+B+C+D						\$ 37,74		
COSTOS DIRECTOS PARCIALES								
	PORCENTAJE PARA GASTOS GENERALES			10%	3,77			
	PORCENTAJE PARA UTILIDAD			10%	4,15			
	PORCENTAJE PARA IMPREVISTOS			5%	2,28			
COSTO POR M³						\$ 47,95		

Anexo O.5 Rubro de base estabilizada con terrasil.

RUBRO :	5					Unidad	m ³	
Detalle:	BASE DE AGREGADOS DE MATERIAL DE CANTERA ESTABILIZADO CON 1.5 Kg/m ³ TERRASIL							
A.- EQUIPOS								
	DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORARIO	RENDIMIENTO	COSTO TOTAL		
	RODILLO VIBRATORIO LISO 142 HP	1,00	40,00	40,00	0,025	1,00		
	TANQUERO 2000 GALONES CON BOMBA	1,00	15,00	15,00	0,004	0,06		
	MOTONIVELADORA 140 HP	1,00	47,00	47,00	0,013	0,61		
						sub-total	\$ 1,67	
B.- MANO DE OBRA								
	DESCRIPCION	CANTIDAD	COSTO HORARIO	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO TOTAL		
	PEON	6,00	3,51	21,06	0,038	0,80		
	OP. RODILLO	1,00	3,74	3,74	0,025	0,09		
	OP. MOTONIVELADORA	1,00	3,93	3,93	0,004	0,02		
	CHOFER ESTR. OCP. D2 (LIC. TIPO-B)	1,00	5,15	5,15	0,004	0,02		
						sub-total	\$ 0,93	
C.- MATERIALES								
	DESCRIPCION	UNIDAD	PRECIO UNIT.	CONSUMO	Costo Total			
	MATERIAL DE CANTERA	M3	8,90	1,20	10,68			
	TERRASIL	Lt	18,00	1,55	27,90			
	CEMENTO GRIS	Kg	0,16	29,44	4,59			
					sub-total	\$ 43,17		
D.- TRANSPORTE								
	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	CONSUMO	Costo Total		
	TRANSPORTE DE MATERIAL DE CANTERA	M ³ -KM	15	0,20	1,250	3,75		
						sub-total	\$ 3,75	
E.- TOTAL DE COSTOS UNITARIOS DIRECTOS A+B+C+D						\$ 49,52		
COSTOS DIRECTOS PARCIALES								
	PORCENTAJE PARA GASTOS GENERALES			10%	4,95			
	PORCENTAJE PARA UTILIDAD			10%	5,45			
	PORCENTAJE PARA IMPREVISTOS			5%	3,00			
COSTO POR M³						\$ 62,92		

Anexo O.6 Rubro de base estabilizada con 2% de Cemento + terrasil.

RUBRO :	6					Unidad	m ³	
Detalle:	BASE DE AGREGADOS CON MATERIAL DE CANTERA Y ESTABILIZADOS CON 2% DE CEMENTO TIPO MH + 0.75 Kg/m ³ TERRASIL							
A.- EQUIPOS								
	DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORARIO	RENDIMIENTO	COSTO TOTAL		
	RODILLO VIBRATORIO LISO 142 HP	1,00	40,00	40,00	0,025	1,00		
	TANQUERO 2000 GALONES CON BOMBA	1,00	15,00	15,00	0,004	0,06		
	MOTONIVELADORA 140 HP	1,00	47,00	47,00	0,013	0,61		
						sub-total	\$ 1,67	
B.- MANO DE OBRA								
	DESCRIPCION	CANTIDAD	COSTO HORARIO	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO TOTAL		
	PEON	6,00	3,51	21,06	0,038	0,80		
	OP. RODILLO	1,00	3,74	3,74	0,025	0,09		
	OP. MOTONIVELADORA	1,00	3,93	3,93	0,004	0,02		
	CHOFER ESTR. OCP. D2 (LIC. TIPO-B)	1,00	5,15	5,15	0,004	0,02		
						sub-total	\$ 0,93	
C.- MATERIALES								
	DESCRIPCION	UNIDAD	PRECIO UNIT.	CONSUMO	Costo Total			
	MATERIAL DE CANTERA	M3	8,90	1,20	10,68			
	TERRASIL	Lt	18,00	0,80	14,40			
	CEMENTO GRIS	Kg	0,16	29,44	4,59			
					sub-total	\$ 29,67		
D.- TRANSPORTE								
	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	CONSUMO	Costo Total		
	TRANSPORTE DE MATERIAL RECUPERADO	M ³ -KM	15	0,2	1,250	3,75		
						sub-total	\$ 3,75	
E.- TOTAL DE COSTOS UNITARIOS DIRECTOS A+B+C+D						\$ 36,02		
COSTOS DIRECTOS PARCIALES								
	PORCENTAJE PARA GASTOS GENERALES			10%	3,60			
	PORCENTAJE PARA UTILIDAD			10%	3,96			
	PORCENTAJE PARA IMPREVISTOS			5%	2,18			
COSTO POR M³						\$ 45,77		

Anexo O.7 Rubro de base estabilizada con 2% de Cemento + terrasil + zycobond.

RUBRO:	7					Unidad	m ³
Detalle:	BASE DE AGREGADOS CON MATERIAL DE CANTERA Y ESTABILIZADOS CON 2% DE CEMENTO TIPO MH 0.30 Kg/m ³ TERRASIL + 0.75 Kg/m ³ ZYCOBOND						
A.- EQUIPOS							
	DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORARIO	RENDIMIENTO	COSTO TOTAL	
	RODILLO VIBRATORIO LISO 142 HP	1,00	40,00	40,00	0,025	1,00	
	TANQUERO 2000 GALONES CON BOMBA	1,00	15,00	15,00	0,004	0,06	
	MOTONIVELADORA 140 HP	1,00	47,00	47,00	0,013	0,61	
					sub-total	\$ 1,67	
B.- MANO DE OBRA							
	DESCRIPCION	CANTIDAD	COSTO HORARIO	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO TOTAL	
	PEON	6,00	3,51	21,06	0,038	0,80	
	OP. RODILLO	1,00	3,74	3,74	0,025	0,09	
	OP. MOTONIVELADORA	1,00	3,93	3,93	0,004	0,02	
	CHOFER ESTR. OCP. D2 (LIC. TIPO-B)	1,00	5,15	5,15	0,004	0,02	
					sub-total	\$ 0,93	
C.- MATERIALES							
	DESCRIPCION	UNIDAD	PRECIO UNIT.	CONSUMO	Costo Total		
	MATERIAL DE CANTERA	M3	8,90	1,20	10,68		
	TERRASIL	Lt	18,00	0,33	5,85		
	CEMENTO GRIS	Kg	0,16	29,44	4,59		
	ZYCOBOND	Kg	8,00	0,8	6,20		
					sub-total	\$ 27,32	
D.- TRANSPORTE							
	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	CONSUMO	Costo Total	
	TRANSPORTE DE MATERIAL DE CANTERA	M ³ -KM	15	0,20	1,250	3,75	
					sub-total	\$ 3,75	
E.- TOTAL DE COSTOS UNITARIOS DIRECTOS A+B+C+D						\$ 33,67	
COSTOS DIRECTOS PARCIALES							
	PORCENTAJE PARA GASTOS GENERALES			10%		3,37	
	PORCENTAJE PARA UTILIDAD			10%		3,70	
	PORCENTAJE PARA IMPREVISTOS			5%		2,04	
COSTO POR M³						\$ 42,78	

Anexo P. Fotografías.

Anexo P.1 Extracción del material de la cantera.



Anexo P.2 Tamizado del material y pesado en fundas de 5500 gr.



Anexo P.3 Ensayos mecánicos de suelo de la cantera.





Anexo P.3 Probetas de suelo – cemento



Anexo P.4 Capeado de probetas de suelo – cemento





Anexo P.5 Roturas de probetas de suelo – cemento



Anexo P.6 Ensayos de Disfraccion de Rayos X

